



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 43 25 166 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
F01 C 3/06

②1 Aktenzeichen: P 43 25 166.8
②2 Anmeldetag: 27. 7. 93
④3 Offenlegungstag: 9. 2. 95

DE 43 25 166 A 1

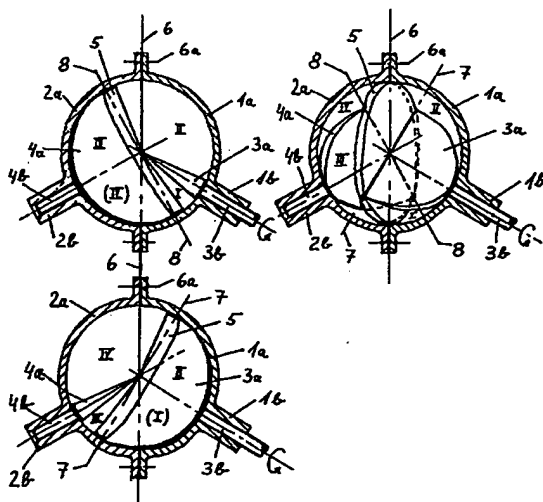
⑦1 Anmelder:
Eckhardt, Wolfgang, Dipl.-Ing., 22391 Hamburg, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Kardandrehkolbenmaschine

⑤7 Die Kardandrehkolbenmaschine besteht erfindungsgemäß im wesentlichen aus zwei formidentischen kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a), in denen beispielsweise je ein Drehkolben (3a) und (4a) und ein Kreiskolben (5) oder auch nur je ein Drehkolben (3a') und (5'), kardangelenlig miteinander verbunden, rotieren, wobei vier getrennte Arbeitskammern gemäß Figur 1 je Umdrehung jede einmal den größten und einmal den kleinsten Rauminhalt bekommt und diese Abläufe für verschiedene maschinelle Funktionen genutzt werden können; dabei hat die Kardandrehkolbenmaschine folgende kennzeichnenden Merkmale: kleinstmögliche Anzahl von Komponenten, kleinste Oberfläche bei größtem Volumen, nutzbares Arbeitsvolumen gleich und größer als das Bauvolumen, geringstmögliches Gewicht bei höchstmöglicher Effizienz, konzeptionell geeignet für eine Mehrzweckverwendung bei kleinstmöglichem Herstelleraufwand, Mehrzweck-Kombination möglich auch schon in nur einem Aggregat, herstellbar aus unterschiedlichen Materialien und Kombinationen davon, vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bei unterschiedlichen Bedingungen, interessante Ausführungsvarianten und Aggregat-Kombinationen für eine Vielzahl individueller Einsatzfälle.



DE 43 25 166 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 94 408 066/36

2/29

Die Erfindung betrifft eine Drehkolbenmaschine mit einem zweiteiligen kugelförmigen Gehäuse mit zwei darin stumpfwinklig zueinander gelagerten halbkreisförmigen Kugelsegmenten, die mit einem zwischen ihnen liegenden Element aus sich kreuzenden Kugelsegmenten zu einem Kardangelenken verbunden sind, wobei sich alle drei Segmentkörper dichtend untereinander und gegenüber der Gehäuseinnenwand bewegen können, der kugelförmige Gehäuseinnenraum dadurch in vier voneinander getrennte Arbeitsräume aufgeteilt wird, die sich bei einem Umlauf jeder für sich einmal vergrößern und einmal verkleinern und somit Arbeitsmedien durch in beiden Kugelgehäusehälften entsprechend angeordnete Öffnungen ein- und ausgebracht werden können.

Es sind diverse Arten von Drehkolbenmaschinen bekannt, die aber alle ihre konzeptspezifischen Nachteile haben. Die wesentlichen sind viele Einzelbauteile, großer Raumbedarf, großes Gewicht, auszugleichende Massenkräfte, erhöhte Lagerbeanspruchung, nachteiliger Wärmehaushalt und unbefriedigender Wirkungsgrad bei hohem, komplexen technischem Aufwand.

Von daher stellt sich die besondere Aufgabe, eine Drehkolbenmaschine zu schaffen, die weniger Einzelbauteile, ein geringeres Gewicht und ein günstigeres Leistungsgewicht hat.

Die erfindungsgemäße Lösung besteht darin, das an sich bekannte mechanische Prinzip des Kardangelenks zu ergänzen und in eine Hohlkugel hineinzuverlagern, wobei die naturgegebenen Vorteile der Kugel genutzt werden können, bei kleinster Oberfläche das größte Volumen zu besitzen.

Die drei Elemente eines Kardangelenks, nämlich zwei Achsgabeln und ein Achsenkreuz, werden in der Weise ergänzt, daß die beiden offenen Achsgabeln zu geschlossenen, halbkreisförmigen Kugelsegmenten und das Achsenkreuz zu einem geschlossenen Vollkreiselement aus sich kreuzenden Kugelsegmenten umgestaltet werden, wobei alle drei Elemente denselben Außenradius haben, der etwas kleiner ist als der Innenradius des kugelförmigen Maschinengehäuses, in dem die beiden Achsen des derart modifizierten Kardangelenks drehbar gelagert sind.

Erfindungsgemäß werden die beiden Achsen dieses derart modifizierten Kardangelenks vorteilhafterweise in einem stumpfen Winkel zueinander angeordnet und so in den beiden kugelförmigen Gehäusehälften gelagert, daß die Trennebene beider Kugelschalen gleich der Winkelhalbierenden des Spreizwinkels beider Achsen ist.

Von beiden Achsen wird — je nach Einsatzart — immer nur eine als Antriebs- oder Abtriebswelle verwendet. Normalerweise braucht die andere Achse nur blind gelagert zu werden, kann aber auch unter bestimmten Bedingungen als Hilfs- und Verbindungstrieb mitgenutzt werden.

Wird die Antriebs- bzw. Abtriebswelle einmal gedreht, laufen ebenfalls die gekreuzt angelenkten halbkreisförmigen Kugelemente als Drehkolben und der zwischen ihnen liegende geschlossene Achsenkreuzkörper als taumelndes Vollkreiskugelsegment einmal im Kugelgehäuse um.

Infolge dieser kardanischen Kinematik verringern und vergrößern sich einmal je Umlauf die Winkel zwischen den beiden Drehkolbensegmenten und dem dazwischenliegenden Vollkreiskugelsegment, so daß sich

die Inhalte der durch die Segmente abgeteilten vier Arbeitsräume entsprechend verkleinern und vergrößern.

Die Inhalte der nebeneinanderliegenden Räume ändern sich dabei gegenläufig; und die Abläufe in den gegenüberliegenden Räumen sind um eine halbe Periode versetzt.

Die beschriebene Anordnung, ihre Kinematik und die Verwandtschaft mit dem an sich bekannten Kardangelenken legen es nahe, die erfindungsgemäße Lösung als Kardandrehkolbenmaschine zu bezeichnen.

Diese Kardandrehkolbenmaschine, neben den beiden kugelförmigen Gehäusehälften im wesentlichen nur aus drei weiteren Elementen bestehend, kann in mehrfacher Weise als Pumpe, Kompressions-/Expansionsmaschine, Abgaslader, Verbrennungsmotor oder gar als Stirling-Motor eingesetzt werden. In entsprechender Weise und — wie später noch beschrieben — sind die Ein- und Auslaßöffnung für die Arbeitsmedien und ggfs. zusätzliche Brennräume und Zündeinrichtungen in den Kugelgehäusehälften zu positionieren.

Ebenso werden noch Möglichkeiten der Steuerung der Ein- und Auslaßöffnungen und die stufenlose Regelbarkeit der Füllungs- bzw. Kompressionsgrade gesondert beschrieben.

Die Erfindung wird im folgenden, beispielsweise anhand von vorteilhaften Ausführungsformen und unter Bezug auf die beigelegten Zeichnungen, beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 Prinzipskizzen mit verschiedenen Umlaufpositionen

Fig. 2 Anwendungsbeispiel für eine Einfachbauweise

Fig. 3 Anwendungsbeispiel für eine andere Einfachbauweise (Alternative zu Fig. 2)

Fig. 4 Anwendungsbeispiel für eine Bauweise mit höherwertigen Beanspruchungskriterien

Fig. 5 Pumpe

Fig. 6 Kompressionsmaschine

Fig. 7 Expansionsmaschine

Fig. 8 Verbrennungskraftmaschine; Zweitakt-Verfahren

Fig. 9 Verbrennungskraftmaschine; Viertakt-Verfahren

Fig. 10 Dichtungen, berührungslose, schleifende

Fig. 11 Kolben; Hohlbauweise

Fig. 12 Alternativ-Lösung zur originären Kardandrehkolbenmaschine gemäß Fig. 1; 2-Elemente-Lösung

Fig. 13 Variante zu Fig. 12

Fig. 14 Variante zu Fig. 12

Fig. 15 Variante zur originären Kardandrehkolbenmaschine gemäß Fig. 1

Fig. 16 Variante zur originären Kardandrehkolbenmaschine gemäß Fig. 1; Faltenbalg-Lösung

Fig. 17 Kombinationen von zwei und mehr gleichartigen Kardandrehkolbenmaschinen

Fig. 18 Trennebene der Gehäuseschalen in der Ebene der Drehachsen

Fig. 19 Trennebene der Gehäuseschalen in der Ebene der Winkelhalbierenden zwischen beiden Drehachsen (originäre Anordnung)

Fig. 20 Kombination von zwei Funktionen in einer Kardandrehkolbenmaschine

Fig. 21 Kombination von zwei Kardandrehkolbenmaschinen in einem Gehäuse; Ergänzungen zu Fig. 17

Fig. 22 Anwendungsbeispiel Stirling-Motor; originär

Fig. 23 Anwendungsbeispiel Stirling-Motor; alternativ

Fig. 24 Kardandrehkolbenmaschine mit innenliegenden Führungselementen

Fig. 25 wie Fig. 24 und stufenlos regelbar

In Fig. 1 werden der prinzipielle Aufbau der Kardandrehkolbenmaschine und die Kinematik bei einer Vierteldrehung anhand von drei Bildern dargestellt.

In den beiden gegeneinander fixierten kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) sind die halbkreisförmigen Kugelsegmente (3a) und (4a) mit ihren Achsen (3b) und (4b) in den Gehäuselagern (1b) und (2b) drehbar gelagert.

Die Achse (3b) ist als Antriebs-/Abtriebswelle aus dem Gehäuselager (1b) herausgeführt.

Die Achsen (3b) und (4b) werden vorteilhafterweise unter einem stumpfen Winkel angeordnet, und die Verbindungs-/Trennebene (6) zwischen den beiden Gehäuseschalen (1a) und (2a) wird vorzugsweise auf die Winkelhalbierende dieses stumpfen Winkels gelegt, wodurch die beiden Gehäuseschalen (1a) und (2a) formidentisch werden.

Zwischen den beiden halbkreisförmigen Kugelsegmenten (3a) und (4a) ist das Vollkreis-Kugelsegment (5) angeordnet, das die beiden halbkreisförmigen Kugelsegmente über die gekreuzten Achsen (7) und (8) gelenkig miteinander verbindet.

Alle Kugelsegmente haben den gleichen Außenradius, der wiederum etwas kleiner ist als der Innenradius der beiden kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a).

Durch die so beschriebene Anordnung der beiden halbkreisförmigen Kugelsegmente (3a) und (4a) sowie des dazwischen liegenden Vollkreis-Kugelsegments (5) wird der gesamte Gehäuseinnenraum in vier voneinander getrennte Kammern unterteilt, die zur Unterscheidung mit I, II, III und IV bezeichnet sind.

Wird die Achse (3b), wie in Fig. 1 gezeigt, in Pfeilrichtung gedreht, verändern sich erfindungsgemäß die Inhalte aller Kammern I bis IV. Dabei nimmt der Inhalt der Kammer I im gleichen Maße zu wie sich der Inhalt der Kammer II verringert. Das gleiche geschieht mit den Inhalten der Kammern IV und III, jedoch um eine halbe Periode bzw. 90° gegenüber Kammern I und II versetzt.

Wird die Achse (3b) einmal um 360° gedreht, hat jede Kammer einmal den größten und einmal den kleinsten Rauminhalt bekommen. Erfindungsgemäß können diese Abläufe genutzt werden, um verschiedene Funktionen zu übernehmen, wie es sie bei Pumpen, Expansions-/Kompressionsmaschinen, Abgasladern und Verbrennungsmotoren gibt.

Hergeleitet von ihrer Form und ihren Bewegungen werden nachfolgend die halbkreisförmigen Kugelsegmente (3a) und (3b) als Drehkolben und das zwischen ihnen liegende Vollkreis-Kugelsegment (5) als Kreiskolben bezeichnet.

Fig. 2 und 3 zeigen beispielhaft je eine praktische Ausführung für Einfachbauweisen unter vorzugsweiser Verwendung von Materialien wie Papier, Pappe, Kunststoff, Holz, dünnem Metall und ähnlichem.

In Fig. 2 sind die originär aus Kugelsegmenten bestehenden Drehkolben (3a), (4a) und der Kreiskolben (5) zu jeweils aus zwei fest miteinander verbundenen Schichten bestehenden Planscheiben vereinfacht.

Wie der Drehkolben (3a) aus den zwei Schichten (3c) und (3d) besteht, ist auch der Drehkolben (4a) analog aus 2 Schichten aufgebaut.

Die zwei Schichten des Kreiskolbens (5) sind mit (5a) und (5b) gekennzeichnet.

Erfindungsgemäß sind die Gelenkverbindungen (9) zwischen den beiden Drehkolben (3a) und (4a) und dem Kreiskolben (5) in einfachster Weise aus flexiblen Ge-

webeeinlagen, dauerelastischem Kunststoff oder ähnlichen Materialien mit hoher Dauerelastizität herstellbar und gemäß Fig. 2 für die Achsen (7) und (8) jeweils zwischen den beiden Schichten der beiden Drehkolben und des Kreiskolbens, d. h. in deren neutralen Faser, befestigt und erlauben diesen, die typischen Winkelbewegungen eines umlaufenden Kardangelenks auszuführen. Zudem stellen diese Gelenkverbindungen (9) die einfachste Art einer flexiblen Abdichtung zwischen den jeweiligen Drehkolben und dem Kreiskolben dar.

Bei dieser Ausführung sind auch die Achsen (3b) und (4b), wie in Fig. 2 dargestellt, vorzugsweise in der neutralen Faser der beiden Drehkolben (3a) und (4a) angeordnet und jeweils in Ausnehmungen zwischen deren beiden Schichten befestigt.

In Fig. 3 bestehen die beiden Drehkolben (3a) und (4a) sowie der Kreiskolben (5) erfindungsgemäß jeweils nur noch aus einer einzigen verhältnismäßig dünnen Scheibe. Die Achsen (3b) und (4b) sind dabei wieder in der neutralen Faser der entsprechenden Drehkolben (3a) und (4a) angeordnet und in Ausnehmungen fest mit diesen verbunden.

Wie in Fig. 3 dargestellt, sind im Außenbereich des Kreiskolbens (5) für die Achsen (7) und (8), d. h. ebenfalls in der neutralen Faser, jeweils zwei Lagerstifte (11) derart befestigt, daß ein Teil ihrer Länge in Taschen (13) hineinragen.

Diese Lagerstifte (11) stellen die Gelenkverbindungen zwischen dem Kreiskolben (5) und den Drehkolben (3a) und (4a) dar, wobei die Drehkolben (3a) und (4a) mit Hilfe der an ihnen befestigten, gebogenen Laschen (12) scharnierartig mit den Lagerstiften (11) und so wiederum mit dem Kreiskolben (5) verbunden sind.

Konzeptbedingt sind vorzugsweise auf jeder Seite des Kreiskolbens (5) je eine halbrundförmige Dichtleiste (14) in Höhe der Drehkolbenebene angebracht, wobei ein kleinstmöglicher Spalt (10) für die Schwenkbewegungen zwischen Kreiskolben (5) und den Drehkolben (3a) und (4a) vorgesehen ist.

Dieser kleinstmögliche Spalt (10) ist ebenfalls zwischen den Drehkolben (3a) und (4a) und der kugelförmigen Innenwandung der Gehäuseschalen (1a) und (2b) sowie zwischen diesen und den Kreiskolben (5a) vorgesehen, um die erforderliche Freigängigkeit der umlaufenden Maschinenkomponenten im Gehäuseinnenraum zu gewährleisten.

Um die Spaltverluste zu verringern, ist es möglich, den Spalt (10) mit einer weichen, elastischen und abriebfesten Dichtung zu schließen, die auf allen Stirnseiten der Drehkolben (3a) und (4a) und des Kreiskolbens (5) dauerhaft anzubringen wäre.

Den in den Fig. 2 und 3 gezeigten beispielhaften Ausführungen für Einfachbauweise ist gemeinsam, daß sie die größtmögliche Nutzung des Kugelinnenraums für die vier Arbeitsräume der Kardandrehkolbenmaschine bieten, weil das Gesamtvolumen aller im Kugelgehäuse umlaufenden Teile auf das für eine praktische Anwendung noch zulässige Minimum reduziert wurde.

In Abhängigkeit des jeweils gewählten stumpfen Spreizwinkels der Achsen (3b) und (4b) kann das nutzbare Gesamtvolumen aller Arbeitsräume erfindungsgemäß mindestens gleich dem Volumen des leeren Kugelgehäuses oder sogar mehr sein.

In Fig. 4 sind die bekannten erfindungsgemäßen Komponenten der Kardandrehkolbenmaschine mit einem größeren Bauvolumen und beispielsweise massiv ausgeführt, um höhere Belastungen aufnehmen zu können.

Innerhalb der kugelförmigen Gehäusehälften (1a) und (2a), die zueinander beispielsweise durch in einer Lochreihe eingesetzte, lösbare Paßbolzen (6a) paßgenau zueinander fixiert sind, ist der Drehkolben (3a) mit seiner Antriebs-/Abtriebswelle (3b) im Gehäuselager (1b) und der Drehkolben (4a) mit seiner Blindwelle (4b) im Gehäuselager (2b) drehbar gelagert. Beide Drehkolben (3a) und (4a) sind in den rechtwinklig zueinanderstehenden Achsen (7) und (8) gelenkig mit dem Kreiskolben (5) beispielsweise durch jeweils ein Paar Gewindezapfen (15) verbunden. Die Drehkolben (3a) und (4a) sind dabei an den Verbindungsstellen derart geformt, daß sie formtreu in zylinderförmigen Taschen (13) des Kreiskolbens (5) hineingreifen.

Alle Gelenkstellen und drehenden Teile sind derart formgerecht zueinander und paßgenau gearbeitet und gelagert, daß ein kleiner Spalt (10) zwischen ihnen untereinander und der kugelförmigen Gehäuseinnenwand für eine gerade noch berührungsfreie Bewegung verbleibt.

Das Gehäuselager (2b) mit der Blindwelle (4b) kann wie gezeigt, beispielsweise mit einem eingepreßten Deckblech (16) dichtgesetzt werden.

Fig. 5, 5a und 5b sind stilisierte Prinzipdarstellungen der Kardandrehkolbenmaschine, die in einer Draufsicht und in zwei Seitenansichten, insbesondere die Möglichkeiten der Anordnung der Ein- und Auslaßöffnungen und typische korrespondierende Drehkolbenpositionen für die Pumpenversion zeigen.

In Fig. 5 sind die bereits bekannten, wesentlichen Komponenten der Kardandrehkolbenmaschine in einer Draufsicht gezeigt und sind im Durchblick beispielsweise durch gläserne, kugelförmige Gehäusehälften erkennbar.

In den Fig. 5a und 5b sind die korrespondierenden Stellungen der Drehkolben (3a) und (4a) dargestellt.

In allen Abbildungen geben die Linien 17 die Begrenzungen des Arbeitsfeldes des Kreiskolbens (5) während einer vollen Umdrehung an.

In den Fig. 5a und 5b werden zusätzlich die Begrenzungslinien (18) für die umlaufende halbe Kolbenbreite der Drehkolben (3a) und (4a) gezeigt sowie die in beide Kugelschalenhälften (1a) und (2a) eingearbeiteten Einlaßöffnungen (19) und die Auslaßöffnungen (20), die sich aus der gewählten, angezeigten Drehrichtung definieren.

Schließlich sind noch die Arbeitsräume I, II, III und IV bezeichnet, wobei (IV) den verdeckten Arbeitsraum kennzeichnet.

Die Einlaßöffnungen (19) und Auslaßöffnungen (20) können sinnvollerweise nur in den Gehäusebereichen zwischen den Begrenzungslinien (17) und (18) angeordnet werden, und zwar vorzugsweise so, daß die Einlaßöffnung (19) durch den abdeckenden Drehkolben (3a) geöffnet wird, um die Arbeitskammer I durch die mit der Drehung einhergehenden Volumenvergrößerung zu füllen, während parallel dazu auch die Auslaßöffnung (20) durch den Drehkolben (3a) ebenfalls geöffnet wird und die gefüllte Arbeitskammer II durch die mit der Drehung einhergehenden Volumenverkleinerung gleert wird (siehe Fig. 5a).

In Fig. 5b wird dieser Vorgang um eine halbe Periode (90°) versetzt für die Arbeitskammern III und IV analog gezeigt, d. h. Kammer III wird geleert und IV wird gefüllt.

Wird — wie angegeben — weitergedreht, wechseln die Arbeitsspiele in den Arbeitskammern: Arbeitskammer I wird geleert, II wird gefüllt, III wird gefüllt und IV

wird geleert und so fort.

Danach ergibt sich bei einer vollen Umdrehung der Antriebswelle (3b) für jede der vier Arbeitskammern jeweils ein kompletter Füll- und Entleerungsgang, wobei das gesamte Ansaug- bzw. Fördervolumen mindestens dem Volumen des gesamten Kugellinnenraumes gleich ist, aber auch durch eine entsprechende Spreizung der Achsen (3b) und (4b) darüber hinaus noch vergrößert werden kann.

Die Einlaß- und Auslaßöffnungen brauchen keine gesonderten Absperreinrichtungen, wie beispielsweise Ventile.

Die Öffnungen sind fallweise hinsichtlich Form, Abmessung und Position derart anzuordnen, daß die an ihnen sich vorbeibewegenden Drehkolben das Öffnen und Schließen und in Verbindung mit den jeweiligen Arbeitskammern in aufeinander abgestimmter Weise und mit einem Höchstmaß an Effektivität bewirkt werden.

Die notwendigen Anschlußrohre können in an sich bekannter Weise entweder individuell mit den Einlaß- und Auslaßöffnungen verbunden werden, oder mit Sammelrohren, die maschinenseitig die Einlaß- und Auslaßöffnungen beider Gehäusehälften gleichsinnig paarig zusammenfassen.

Mit den Fig. 6, 6a, 6b und 6c wird beispielhaft die Anwendung der Kardandrehkolbenmaschine als Kompressionsmaschine dargestellt und die Funktionsweise anhand von Skizzen erläutert.

Fig. 6 zeigt, wie Fig. 5, die bereits bekannten, wesentlichen Komponenten der Kardandrehkolbenmaschine in einer Draufsicht.

Fig. 6a und 6b geben die in der Fig. 6 angezeigten Ansichten wieder und veranschaulichen eine Ausgangsstellung der beteiligten Komponenten. Die mit (21) gekennzeichnete Öffnung ist gleichzeitig Einlaß-Auslaßöffnung.

Wird der Drehkolben (3a) in Pfeilrichtung gedreht, gibt dieser die Öffnung (21) frei und das in der Arbeitskammer I befindliche komprimierte Medium aus dem vorangegangenen Prozeß kann entweichen.

Beim Weiterdrehen des Drehkolbens (3a) vergrößert sich die Arbeitskammer I und über die Öffnung (21) wird neues Medium angesaugt, bis sich nach einer 180°-Drehung des Drehkolbens (3a) die Arbeitskammer I wieder verkleinert und das darin befindliche Medium komprimiert wird und nach etwas mehr als weiteren 180° aus der dann vom Drehkolben (3a) freigegebenen Öffnung (21) entweichen kann.

Parallel zu diesen in der Arbeitskammer I abgelaufenen Arbeitsspielen, hat gleiches auch in der Arbeitskammer II stattgefunden, jedoch mit einer um 180° versetzten Schrittfolge, d. h. der Startpunkt mit der gerade gefüllten Arbeitskammer II beginnt und mit weiterer Drehung des Drehkolbens (3a) wird das Medium in der Arbeitskammer II komprimiert und so fort.

Auch in den Arbeitskammern III und IV haben derweil dieselben Arbeitsspiele stattgefunden, nur — wie in Fig. 6b gezeigt — um 90° zu I und II versetzt.

Bei der Fig. 6b angezeigten Drehrichtung des Drehkolbens (4a) wird das Medium in der Arbeitskammer III gerade komprimiert, während in der Arbeitskammer IV neues Medium wieder durch die Ein-/Auslaßöffnung (21) angesaugt wird.

Wie dargestellt, können paarweise alle 4 Arbeitskammern dieser Kardandrehkolbenmaschine das Arbeitsmedium durch ein und dieselbe Öffnung ansaugen und nach der Kompression wieder herausdrücken, etwa ver-

gleichbar dem Ein- und Ausatmen bei geöffnetem Mund.

Um das Ansaugen aus einem bestimmten Rohrsystem zu ermöglichen und das komprimierte Medium in ein anderes bestimmtes Rohrsystem hineinzudrücken, können die Öffnungen (21), wie in Fig. 6c gezeigt, beispielsweise mit jeweils einem Verbindungsrohr (22), in T-Form verbunden werden, das in einfachster Ausführung mit zwei Flatterscheiben-Ventilen (23) ausgestattet ist, die so eng wie möglich bei der Öffnung (21) zu positionieren sind, um Verlusten kleinzuhalten.

Wird durch das Rohr (22), wie durch einen Pfeil angegeben, eingesogen, ist das Flatterventil (23) auf der "Ein"-Seite geöffnet und auf der "Aus"-Seite geschlossen.

Wird durch das Rohr (23), wie durch einen anderen Pfeil angegeben, das komprimierte Medium ausgestoßen, ist das Flatterventil (23) auf der "Aus"-Seite geöffnet und das Flatterventil (23) auf der "Ein"-Seite geschlossen.

Das Verbindungsrohr (22) kann mit entsprechenden Rohrsystemen für die Ein- und Aus-Seite verbunden werden, und die Medien können somit nach ihren jeweiligen Zuständen getrennt voneinander geleitet werden.

Für die Ausführung als Expansionsmaschine gelten beispielhaft die Fig. 7, 7a und 7b. Die Kardandrehkolbenmaschine ist in einer Ausführung dargestellt, die mit derjenigen vergleichbar ist, wie sie für eine Pumpenversion, gemäß Fig. 5, 5a und 5b bereits gezeigt wurde, jedoch mit einer entgegengesetzten Drehrichtung und mit getauschten Plätzen für die Einlaßöffnungen (19) und Auslaßöffnungen (20). Die Funktion erklärt sich mit den Fig. 7a und 7b, wiederum Ansichten, wie in der Grundfigur 7 angegeben.

Beispielsweise kann unter Dampfdruck bei der Einlaßöffnung (19) kurz nach der Freigabe durch den drehenden Drehkolben (3a) in die Arbeitskammer I eingeblasen werden, das Medium füllt die Kammer und dehnt sich weiter aus, wobei der Drehkolben (3a) weiter in Drehrichtung gedrückt wird.

Beim Passieren der Auslaßöffnung (20) wird diese durch den Drehkolben (3a) freigegeben und das Medium kann austreten. Nach dem Passieren der Auslaßöffnung (20) wiederholen sich die beschriebenen Arbeitsspiele.

Die gleichen Arbeitsspiele laufen in der Arbeitskammer II ab, jedoch um 180° versetzt, d. h. wird die Arbeitskammer I z. B. gefüllt, entweicht das Medium aus der Arbeitskammer II. Und gleiches gilt auch für die Arbeitskammern III und IV, hier jedoch um 90° versetzt.

Die Fig. 8, 8a, 8b, 8c und 8d stellen beispielhaft eine Ausführung der Kardandrehkolbenmaschine als Verbrennungskraftmaschine dar, die nach dem Zweitakt-Verfahren arbeitet.

Die Funktionsweise läßt sich anhand der Fig. 8a und 8b erklären.

Das in der Arbeitskammer I befindliche Luft-/Gasgemisch steht gerade beim höchsten Kompressionspunkt und wurde kurz davor mit der Zündkerze (24) gezündet. Das Luft-/Gasgemisch dehnt sich aus und treibt den Drehkolben (3a) vor sich her, bis die nachlaufenden Kanten des Drehkolbens (3a) als erstes die Auslaßöffnung (20) freigibt und das verbrannte Luft-/Gasgemisch austreten kann. Unmittelbar danach gibt der Drehkolben (3a) die Einlaßöffnung (19) frei und durch das beim Weiterdrehen des Drehkolbens (3a) sich vergrößernde Volumen der Arbeitskammer I wird frisches Luft-/Gas-

gemisch eingesogen, nach einem Drehwinkel von 180° komprimiert und kurz vor Erreichen des 360°-Punktes gezündet, so daß wieder ein Arbeitsgang eingeleitet wird.

Die Arbeitsspiele in der Arbeitskammer II folgen mit einem Versatz von 180°, d. h. wenn sich in der Arbeitskammer I das Luft-/Gasgemisch ausdehnt, danach austritt und frisches Gemisch eingesogen wird, wird in der Arbeitskammer II frisches Luft-/Gasgemisch komprimiert, anschließend gezündet und es dehnt sich aus.

Auch in den Arbeitskammern III und IV finden die gleichen Arbeitsspiele statt, jedoch mit einem Winkelversatz von 90° gegenüber den Arbeitskammern I und II.

Die Einlaß- und Auslaßöffnungen (19) und (20) sind beispielsweise integriert ausgeführt, aber führen zu getrennten Rohrsystemen, d. h. die Einlaßöffnung (19) steht in Verbindung mit dem Einlaßrohr (25) und die Auslaßöffnung (20) mit dem Auslaßrohr (26).

In beiden Rohren sind Flatterscheiben-Ventile (23) in einer Weise angeordnet, daß beim Ausblasen des verbrannten Luft-/Gasgemischs das Flatterscheiben-Ventil (23) geschlossen ist und umgekehrt.

Um die Verlusten so klein wie möglich zu halten, sind die Flatterscheiben-Ventile (23) so dicht wie möglich an die Ein-/Auslaßöffnungen (19) und (20) zu platzieren.

Ebenso sind die Positionen der Einlaßöffnungen (19) und Auslaßöffnungen (20), deren Abmessungen und Gestaltung, sowie die Lage der Zündkerze (24) und deren Zündpunkt so zu optimieren, daß die Gesamtfunktion der Kardandrehkolbenmaschine als Zweitakt-Verbrennungsmaschine den höchstmöglichen Wirkungsgrad ergeben.

Wie bei allen anderen Ausführungen auch, übernimmt hier der umlaufende Kreiskolben (5) und die umlaufende Drehkolben (3a) und (4a) erfindungsgemäß auch die Funktion einer Schwungscheibe, so daß weitere Maßnahmen dafür entfallen können.

Die Kardandrehkolbenmaschine braucht in der Version als Zweitakt-Verbrennungskraftmaschine keine aktiv gesteuerte Absperrorgane. Die für den Betrieb erforderliche Steuerung der Arbeitsläufe bietet erfindungsgemäß die Kardandrehkolbenmaschine mit ihren originär vorhandenen Komponenten. Erfindungsgemäß ist auch, daß jeweils nur eine Zündkerze, eine Einlaß- und eine Auslaßöffnung für zwei Arbeitskammern benötigt werden.

Die in allen Figuren skizzenhaft gezeigten Lösungen sind beispielhafter Natur und sind zu optimieren.

Für die Ausführung der Kardandrehkolbenmaschine als Viertakt-Verbrennungskraftmaschine geben die Fig. 9, 9a, 9b und 9c Beispiel und Funktionserklärung.

Fig. 9 zeigt wieder die Grundstellung der Komponenten der Kardandrehkolbenmaschine in der Draufsicht einer durchsichtigen Ausführung. Die Fig. 9a und 9b geben die in der Draufsicht angezeigten Ansichten wieder, jedoch als Prinzipbilder.

Fig. 9c zeigt schematisch/tabellarisch die Funktionsabläufe und Arbeitstakte für die Arbeitskammern I und II und ist dafür insofern selbsterklärend.

Die gleichen Abläufe finden auch in den Arbeitskammern III und IV statt, jedoch um 90° versetzt.

Im Gegensatz zur Zweitakt-Version sind für die Viertakt-Version zusätzlich und in an sich bekannter Weise aktiv gesteuerte Absperrorgane für die Öffnungen (19) und (20) erforderlich, um die in Fig. 9c gezeigten Abläufe zu verwirklichen.

Erfindungsgemäß sind auch hier für zwei Arbeitskammern jeweils nur eine Zündkerze, eine Einlaß- und eine Auslaßöffnung erforderlich.

Auch hier sind alle in den Fig. 9 bis 9c skizzenhaft dargestellten Lösungen beispielhafter Natur und sind zudem noch zu optimieren.

Die Fig. 10, 10a bis 10j geben Beispiele für verschiedene Ausführungsformen für berührungslose, dynamische und schleifende Dichtungen für alle Spaltsituationen, insbesondere zwischen den Kolben und der Gehäuseinnenwand.

Fig. 10 zeigt die Draufsicht einer Kardandrehkolbenmaschine in einer durchsichtigen Ausführung, und die übrigen Figuren zeigen verschiedene Querschnitte von einem Drehkolben bzw. Kreiskolben mit unterschiedlichen Profilformen.

Die unprofilierte Grundform der berührungslosen Dichtungen ist in Fig. 10a dargestellt. Diese ist auch zusammen mit den anderen Ausführungsformen gemäß Fig. 10b bis 10e anwendbar, beispielsweise in den Bereichen der Achsanschlüsse und Gelenkverbindungen sowie der von den Öffnungen (19), (20) und (21) bestrichenen Kolbenbereiche.

Welche Ausführungsformen nach Fig. 10a bis 10e allein oder in Kombination zu wählen ist, bestimmt sich nach dem Aufwandsbewertungsergebnis für Konstruktion und Fertigung in Abhängigkeit von der geplanten Einsatzart und dem verwendeten Material.

Beispiele für ein schleifendes Dichtungssystem mit geringeren Verlusten sind zusammen mit der Fig. 10 und den Fig. 10f bis 10j gegeben.

Dazu werden an sich bekannte Kolbenringausführungen erfindungsgemäß für die Anwendung in der Kardandrehkolbenmaschine modifiziert und dienen zur Überbrückung und Abdichtung der konzeptbedingten Spalte, insbesondere zwischen den Drehkolben (3a), (4a), dem Kreiskolben (5) einerseits und den Innenwänden der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) andererseits, sowie der drei Kolben untereinander in den Gelenkbereichen (hier nicht gezeigt).

Dargestellt am Beispiel des Kreiskolbens (5) ist dieser gemäß Fig. 10f, 10g und 10h mit einer U-förmigen Ringnut (25) zur Aufnahme der 2teiligen Viertelkreis-Kolbenringsegmente (26a) und (26b) ausgestattet.

Die Abmessungen der Ringnut (25) und der Kolbenringsegmente (26a) und (26b) sind nach Größe und Verhältnis derart gewählt, daß überall und unter allen Betriebszuständen nur die kleinstzulässigen Bewegungsspiele möglich sind.

Wie in Fig. 10h dargestellt, überlappen die beiden Teile (26a) und (26b) der Kolbenringsegmente in einer Weise, daß sie sich im endmontierten Zustand bestmöglich in dem ihnen zur Verfügung stehenden Freiraum, insbesondere formmäßig, einpassen können.

Dafür sorgt auch eine zwischen den beiden Teilen (26a) und (26b) an deren Überlappungsstelle mit genügendem Spiel, aber vor dem Rausfallen gesicherte Feder (27), die die beiden Teile (26a) und (26b) gemäß Fig. 10g immer versucht, auseinanderzudrücken, wobei sich die Teile (26a) und (26b) bei den Gelenkstellen an den Drehkolben (3a) bzw. (4a) abstützen, dabei nach außen gleiten und sich damit unter den im Betrieb zu erwartenden Spaltänderungen stets abdichtend an die Innenwände der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) anlegen.

Zum Abdichten der Gelenkstellen der Drehkolben (3a) und (4a), insbesondere gegenüber den Innenwänden der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) kön-

nen erfindungsgemäß 2teilige Dichtelemente (28a) und (28b), wie in den Fig. 10g, 10i und 10j gezeigt, eingesetzt werden. Die Dichtelemente (28a) und (28b) sind zylinderförmig und mit der Form der Gelenkstellen bündig.

Teil (28a) hat eine durchgängige Bohrung (29a) für den Gewindezapfen (15). Teil (28b) liegt im eingebauten Zustand an der Gehäuseinnenwand an, hat ebenfalls eine gleich große, aber nicht durchgängige Bohrung (29b) für den Gewindezapfen (15).

Beide Teile (28a) und (28b) haben an den einander zugekehrten Stirnseiten jeweils — wie im hier gewählten Fall — vier segmentartige, schräge Berührungsflächen. Eine Feder (30) versucht, beide Dichtelemente (28a) und (28b) gegeneinander zu verdrehen, wobei sich diese auf den Schrägflächen bewegen und sie damit ihre Gesamthöhe vergrößern.

Im eingebauten Zustand kann sich auch diese Dichtung unter allen Spaltänderungen abdichtend zwischen Innenwand der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) und der jeweiligen Gelenkstellen legen.

Im Gegensatz zu den Fig. 10 bis 10h, in denen die Drehkolben (3a) und (4a) sowie der Kreiskolben (5) in massiver Bauweise ausgeführt sind, wird in Fig. 11, 11a und 11b am Beispiel eines Drehkolbens eine mögliche Hohlbauweise gezeigt, die bei bestimmten Einsatzarten der Kardandrehkolbenmaschine für die Ausführung der Dreh- und Kreiskolben vorteilhaft sein kann.

Fig. 11a zeigt einen Drehkolben in einer Kantenansicht, in Richtung der Achse (8) gesehen. Der Drehkolben ist zweiteilig ausgeführt. Die Teile (31a) und (31b) sind formidentisch, was u. a. den Herstellungsaufwand reduziert. Sie werden gemäß Fig. 11a und 11b an den markierten Stellen (32) beispielsweise durch Senkschrauben miteinander verbunden.

Es kann weiterhin vorteilhaft sein, eine Dichtung (33) zwischen die Drehkolbenhälfte (31a) und (31b) einzufügen und mit zu verschrauben, um beispielsweise auch den Wärmeübergang von einer Drehkolbenseite zur anderen, d. h. von einer Arbeitskammer zur anderen, zu verkleinern und damit den Wirkungsgrad der Kardandrehkolbenmaschine zu verbessern.

Ein Beispiel für die Verbindung eines zweiteiligen Drehkolbens mit einer Welle (3'b) veranschaulicht insbesondere die Fig. 11b. Die Welle (3'b) hat einen ringförmigen Kragen (34) und endet in einem Vierkant (35), die alle spielfrei in entsprechende Ausnehmungen der Drehkolbenhälften (31a) und (31b) passen.

Beim Verschrauben beider Drehkolbenhälften (31a) und (31b) und der Dichtung (33) miteinander kommt es zu einer kraftschlüssigen Verbindung mit der vorher eingelegten Welle (3'b), wobei der Kragen (34) die Welle (3'b) axial und der Vierkant (35) die Welle (3'b) radial gegenüber den zusammengefügteten Drehkolbenhälften (31a) und (31b) fixiert.

Eine Alternative zu den in den Fig. 1 bis 11 dargestellten Kardandrehkolbenmaschinen wird mit den Fig. 12, 12a, 12b und 12c gezeigt.

Das Prinzip des Kardangelenks wird für diese Art der Ausführung gegenüber der bereits bekannten in der Weise umgewandelt, daß die bisherige Hilfsweile (4b) gemäß Fig. 12, 12a durch ein in der Verbindungsebene zwischen den kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) geführtes Ringelement (36) ersetzt wird.

Das Ringelement (36) ist hier beispielsweise in einfachster Form dargestellt und kann auch ersetzt werden durch den Innenring eines Kugel- oder Wälzlagers.

Das Ringelement (36) wird mit allseits kleinstmöglichem Spiel in entsprechenden Ausnehmungen der ku-

gelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) gemäß Fig. 12 in deren Trennebene unter einem Winkel zur Antriebs-/Abtriebswelle (3b) geführt.

Mit der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) ist der Drehkolben (3a') unverschiebbar und drehfest verbunden. Der Drehkolben (3a') ist bei dieser Ausführungsalternative kreisförmig und kann gegenüberliegend der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) in koaxialer Weise mit einer Hilfswelle (3b) in koaxialer Weise mit einer Hilfswelle (3b') ausgestattet sein, die in der kugelförmigen Gehäuseschale (2a) blind oder als Durchgangswelle gelagert werden kann (2b).

Wie in Fig. 12 gezeigt, ist ein zweiter kreisförmiger Drehkolben (5') zum einen in der Achse (7) gelenkig mit dem Drehkolben (3a') und zum anderen in der Achse (8) gelenkig mit dem Ringelement (36) verbunden.

Um die Drehkolben (3a'), (5') untereinander und den Drehkolben (5') mit dem Ringelement (36) montieren zu können, sind die Drehkolben (3a') und (5') gemäß Fig. 12b besonders gestaltet, so daß sie sowohl ineinander gesteckt, als auch mit dem Steckzapfen (37) gelenkig miteinander verbunden werden können.

Die Gelenkverbindung zwischen dem Drehkolben (5') und dem Ringelement (36) wird durch zwei in der Achse (8) in das Ringelement (36) eingeschraubte Gewindezapfen (38) hergestellt, die in entsprechende Bohrungen des Drehkolbens (5') hineinpassen.

Die Arbeitsweise dieser Kardandrehkolbenmaschine wird in den Fig. 12 und 12a erkennbar. Sie weicht insofern von dem ursprünglichen Konzept ab, daß die Arbeitskammern I und II synchron zu denen in den Arbeitskammern III und IV verlaufen und nicht gegeneinander um 90° versetzt sind.

Ausgehend von der in der Fig. 12 gezeigten Grundstellung füllen sich für das Anwendungsbeispiel einer Pumpe bei Drehung der Antriebswelle (3b) in Pfeilrichtung die Arbeitskammern I und III über die jeweiligen Einlaßöffnungen (19), bis ein Drehwinkel von 180° erreicht ist.

Dabei ist zu beachten, daß der Einlaßöffnung (19) und der Auslaßöffnung (20) auf der Oberseite die Auslaßöffnung (20) und die Einlaßöffnung (19) auf der Unterseite diametral gegenüberstehen.

Über die oben beschriebene Winkeldrehung von 180° hinaus bis 360° werden gleichzeitig die Füllungen aus den Arbeitskammern I und III durch die jeweiligen Auslaßöffnungen (20) herausgedrückt.

Nach einer vollständigen Umdrehung hat jede der vier Arbeitskammern eine komplette Füllung aufgenommen und wieder abgegeben.

Abgesehen von den abweichenden Taktfolgen in den Arbeitskammern sind beide Ausführungen von Kardandrehkolbenmaschinen für alle beschriebenen Einsatzarten gleichwertig verwendbar, und alle gemachten qualitativen und quantitativen Angaben gelten gleichermaßen.

Ein bemerkenswerter Vorteil liegt allerdings noch bei der vorgestellten Alternativlösung erfindungsgemäß darin, daß nur noch zwei statt ursprünglich drei Elemente benötigt werden, die in dem kugelförmigen Gehäuse rotieren.

Weiterhin kann auch noch die Hilfswelle (3b') eingespart werden, wenn die Antriebs-/Abtriebswelle (3b) entsprechend gestützt gelagert wird.

Abweichend von der in Fig. 12b gezeigten, einteiligen Ausführung des Drehkolbens (5') kann dieser beispielsweise auch wie in Fig. 12c gezeigt, zweiteilig, (5'a), (5'b) ausgeführt und durch die Verschraubung (5'c) miteinander

verbunden werden, wobei auch der einteilige Drehkolben (3a') entsprechend umgestaltet wurde.

Eine interessante Variante zeigt die Fig. 13. Die ursprüngliche Antriebs-/Abtriebswelle (3b) wird ebenfalls als Hilfswelle blind gelagert, wie die bereits vorhandene Hilfswelle (3b').

Das Ringelement (36) wird mit dem Rotor (39) eines Elektromotors, wozu der Stator (40) gehört, verbunden und das ganze mit entsprechender Formgebung in die kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) integriert.

Der Antrieb bzw. Abtrieb dieser Kardandrehkolbenmaschine erfolgt somit über das Ringelement (36) und der damit in Kette verbundenen Drehkolben (5') und (3a').

Die gesamte Einheit ist somit für bestimmte Einsatzzwecke komplett hermetisch abgeschlossen, wenn die Einlaß- und Auslaßöffnungen (hier nicht dargestellt) ebenfalls an die entsprechenden Rohrsysteme angeschlossen sind.

Eine weitere interessante Variante ist in Fig. 14 und 14a dargestellt. Als Anwendungsbeispiel für diese Variante einer Kardandrehkolbenmaschine wurde wieder die Pumpenversion und als Material für Kolben und Gehäuseschalen vornehmlich Kunststoff gewählt.

Wesentliches, erfindungsgemäßes Merkmal bei dieser Variante ist, daß das ursprünglich innenliegende Ringelement (36), nunmehr als außenliegendes Ringelement (36') eng um die kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) gelegt wird.

Das Ringelement (36') besteht aus Magneteisen und wird zunächst in der aus Fig. 12 bekannten Verbindungsebene beider Gehäuseschalen (1a) und (2a), d. h. unter einem Winkel zur Antriebs-/Abtriebswelle angeordnet, und die Flanschverbindung beider Gehäuseschalen (1a) und (2a) ist jetzt spiegelbildlich zum Ringelement (36') positioniert.

Ebenfalls in der Fig. 14 erkennbar, sind in den Achsen (8) beispielsweise zwei zylinderförmige Magnete (41) in dem Drehkolben (5') formbündig und diametral zueinander fest eingearbeitet.

Aufgrund der durch die Kunststoff-Gehäuseschalen wirkenden Magnetkräfte zwischen dem Ringelement (36') und den Magneten (41) wird der Drehkolben (5') mit seinen Achsen (8) auch beim Drehen der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) stets auf der Ebene des Ringelements (36') gehalten, wodurch die ursprüngliche, mechanische Führung gemäß Fig. 12 absolut reibungsfrei und unter vermindertem Herstellungsaufwand ersetzt wird.

Ein weiterer, noch zu erklärender Vorteil ergibt sich erfindungsgemäß aus der schwenkbaren Lagerung des Ringelements (36'), gemäß Fig. 14a.

Aus Montagegründen ist das Ringelement zweiteilig ausgeführt, und die Ringelementhälften (36'a) und (36'b) sind, wie gezeigt, an den Verbindungsstellen überlappt verschraubt.

Um die gewünschte Schwenkbewegung des Ringelements (36') zu ermöglichen, kann sich dieser in zwei Ausschnitten (42) der Flanschverbindung beider Gehäuseschalen (1a) und (2a) bewegen und dreht sich dabei — wie in Fig. 14a gezeigt — um zwei in der Flanschverbindung eingesetzte Stifte (43), die wiederum in entsprechende Bohrung des Ringelements (36') hineinpassen.

Der Vorteil erklärt sich nun dadurch, daß während des Betriebs dieser Kardankolbendrehmaschine beispielsweise die Füllungs-/Förderraten oder Kompressionsraten gleichzeitig für alle vier Arbeitskammern stufenlos und ohne Betriebsunterbrechung durch einfaches Schwenken des Ringelements (36') von Null auf ein Ma-

ximum und umgekehrt, geregelt werden können.

Auch die Variante gemäß Fig. 14 kann unter Beibehalt des außen liegenden, verstellbaren Ringelements (36') — wie in Fig. 15 gezeigt — auf die ursprüngliche Konzeption der Kardandrehkolbenmaschine angewendet werden.

Die in Fig. 15 dargestellte Draufsicht auf die in den aufgeschnittenen, kugelförmigen Gehäuseschalen (1c) und (2a) angeordneten, wesentlichen Komponenten der Kardandrehkolbenmaschine sind unschwer wiederzuerkennen, wie auch die Grundstellung, in der sie sich befinden.

Neu bei dieser Variante ist, daß die Hilfswelle (4b) ersetzt wurde durch ein Paar zylinderförmiger Magnete (44a) und (44b), die beide in der ursprünglichen Achse der Hilfswelle (4b) angeordnet sind, und zwar (44a) zunächst fest positioniert in einem Ausschnitt des Verbindungsflansches beider Gehäuseschalen (1a) und (2a) und (44b) fest und formbündig in dem Drehkolben (4a).

Wird die Antriebswelle (3b) gedreht, wird der Drehkolben (4a) durch die Magnete (44b) in der Ebene des außenliegenden Ringelements (36') und durch das Magnetpaar (44a) und (44b) in der ursprünglichen Achse der Hilfswelle (4b) in einer Art Dreipunktlagerung gehalten.

Voraussetzung für diese Variante ist natürlich, daß alle Kolben und Gehäuseschalen beispielsweise aus Kunststoff bestehen, damit die magnetischen Kräfte die gewünschte Wirkung bringen können.

Die Möglichkeiten dieser Variante können durch die Schwenkbarkeit des außen liegenden Ringelements (36') und durch die gleichsinnige Verschiebung des Magneten (44a) erweitert werden, denn nunmehr können auch hier beispielsweise Füll- und Förderraten stufenlos von Null auf ein Maximum und umgekehrt, ohne Betriebsunterbrechung geregelt werden.

Eine weitere andersartige Bauweise der Kardandrehkolbenmaschine ist in den Fig. 16 und 16a prinzipiell dargestellt.

Diese Version braucht nicht notwendigerweise ein geschlossenes, kugelförmiges Gehäuse. Vielmehr genügt eine einfache Konstruktion, die vergleichsweise eine Lagerung der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und der Hilfswelle (4b) gewährleistet und beispielsweise aus zwei gebogenen T-Profilen (45a) und (45b) bestehen kann.

Von der ursprünglichen Ausführung werden ebenfalls die Drehkolben (3a) und (4a) sowie der Kreiskolben (5), gelenkig miteinander verbunden, übernommen.

Neuartig ist bei dieser Version, daß die Arbeitskammern I bis IV beispielsweise durch flexible, laternenförmige Faltenbälge (46) in Kugelform gebildet werden, die zwischen den Drehkolben (3a) und (4a) und dem Kreiskolben (5) angeordnet und mit diesem formbündig, kraftschlüssig und abgedichtet verbunden sind.

Nach den bisherigen Funktionsbeschreibungen wird verständlich, daß beim Drehen der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) die nunmehr von den Faltenbälgen (46) umschlossenen Arbeitskammern I bis IV ihre Inhalte ändern, d. h. bei einer vollen Umdrehung der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) wird jede der vier Arbeitskammern einmal gefüllt und einmal ausgeblasen.

Abweichend von den oben beschriebenen Ausführungen sind beispielsweise für eine Pumpenversion andere konstruktive Lösungen für das Füllen und Fördern erforderlich.

Das kann unter anderem wie in Fig. 16a gezeigt, über Hohlwellen erfolgen, die ebenfalls mit hohlen Drehkol-

ben verbunden sind, die wiederum über ein einfaches Flatterscheiben-Ventilsystem mit den Arbeitskammern in Verbindung stehen.

Fig. 16a zeigt im Schittbild den hohlen Drehkolben (47), der aus zwei Seitenteilen (47a), integrierten Beschlagteilen (47b) für die Gelenkverbindungen mit dem Kreiskolben (5) und dem Stirnteil (47c) besteht.

Die Seitenteile (47a) sind mit den Anschlußflanschen (46a) der Faltenbälge (46) verbunden, zu denen in den Seitenteilen (47a) angebrachten Öffnungen (47d) führen.

Im Inneren des Drehkolbens (47) sind Trennwände (47e), (47f), (47g) und (47h) in der Weise angeordnet, daß vier voneinander getrennte Vorkammern gebildet werden.

Von außen kommend werden — wie in Fig. 16a gezeigt — zwei ineinanderliegende Hohlwellen (48a) und (48b) mit dem Drehkolben (47) verbunden, und zwar die Hohlwelle (48a) mit dem Stirnteil (47c) und die Hohlwelle (48b) mit der Trennwand (47f), jedoch durchgesteckt.

Schließlich befinden sich noch je zwei Flatterscheiben-Ventile (23) in den Wänden (46a) und (47g) sowie ein Lochkreis im Stirnteil (47c) zwischen den beiden Hohlwellen (48a) und (48b).

Durch die Anordnung der Flatterscheiben-Ventile (23) ist es möglich, die Füll- und Fördervorgänge in den Arbeitskammern I und II teilweise entweder über die Hohlwelle (48b) oder über den Ringkanal (49) zwischen den Hohlwellen (48a) und (48b) zu bedienen.

Dabei besorgt der Ringkanal (49) die Füllvorgänge und die Hohlwelle (48b) die Fördervorgänge.

Analog zum Hohlwellenpaar (48a) und (48b) in ihrer Bedeutung für die Füll- und Fördervorgänge der Arbeitskammern I und II ist auch die Hilfswelle (4b) ebenfalls durch ein Hohlwellenpaar zu ersetzen, die diese Funktionen für die Arbeitstakte in den Arbeitskammern III und IV übernehmen, wobei auch der Drehkolben (4a) eine Umgestaltung zu einem Hohlkolben erfahren muß, wie für den Drehkolben (3a) beschrieben.

Weiterhin ist zu ergänzen, daß die beiden oben beschriebenen Hohlwellenpaare jeweils in an sich bekannter Weise über eine drehbare Anschlußarmatur (48c) zu versorgen und zu entsorgen sind.

Dieses Ausführungskonzept, nämlich die Arbeitskammern dieser Kardandrehkolbenmaschine aus flexiblen Faltenbalgkonstruktionen herzustellen, ist prinzipiell auch auf die Versionen gemäß Fig. 1 bis 7 und 12 anwendbar.

Schließlich können auch die Füll- und Fördermengen stufenlos zwischen einem Maximum und Null geregelt werden, indem (hier nicht gezeigt) die Hilfswelle (4b) um den Gehäusemittelpunkt schwenkbar eingerichtet wird.

Bisher wurde die Kardandrehkolbenmaschine in allen Ausführungsformen, Versionen und Alternativen immer nur als Einzelaggregat dargestellt.

In den Fig. 17 bis 17g werden erfindungsgemäß und beispielhaft typische Kombinationen von zwei und mehr Kardandrehkolbenmaschinen in Form von Prinzipskizzen gezeigt.

Da diese sich weitgehend selbst erklären, werden nachfolgend nur fallweise besondere Merkmale beschrieben. Das Einzelaggregat einer Drehkolbenmaschine wird dabei mit Pos. (50) bezeichnet.

Die in den Fig. 17 und 17a gezeigte Kopplung von zwei Kardandrehkolbenmaschinen (50) hat den Vorteil, daß beide freie Wellen (3b) aufgrund der bekannten Kardankinetik synchron umlaufen, wohingegen die an der Verbindungsstelle (51) gekoppelten Hilfswellen (4b) gekoppelten Hilfswellen (4b) nicht mit konstanten Win-

kelgeschwindigkeiten drehen — übrigens einem auch für das Einzelaggregat typischen Merkmal, das jedoch bei den zu erwartenden rechnerischen Dimensionen und bei den dafür geltenden Gesetzmäßigkeiten mit der erfindungsgemäßen Idee verträglich bleibt.

Vorzugsweise sollten daher Kopplungen mehrerer Kardandrehkolbenmaschinen (50) unter Berücksichtigung dieser kinematischen Zusammenhänge jeweils paarweise erfolgen (siehe Fig. 17 bis 17f).

In Fig. 17d sind beispielsweise zwei Paare von Kardandrehkolbenmaschinen (50) über ein Getriebe mit den Rädern (52) und (53) und der gemeinsamen Antriebs-/Abtriebswelle (54) verbunden.

In Fig. 17e wurde das Anordnungsprinzip von Fig. 17d beispielsweise ein weiteres Mal in einer um 90° gedrehten Ebene wiederholt und in einer Stirnansicht, von der Getriebeseite her gesehen, gezeigt.

Hierbei ist die gemeinsame Antriebs-/Abtriebswelle (54) beispielsweise mit 8 Einheiten (50), d. h. mit 32 Arbeitskammern verbunden.

Eine Getriebevariante zu Fig. 17d ist in Fig. 17f dargestellt.

Auch von der in Fig. 12 dargestellten Ausführungsform einer Kardandrehkolbenmaschine sind mehrere Aggregate (50) in linearer Weise miteinander kuppelbar, wie beispielsweise in Fig. 17g dargestellt.

Zur praktischen Umsetzung der erfindungsgemäßen Idee ist — wie schon oben erwähnt, — vorteilhafterweise die Trennebene (6), der beiden kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) in die Ebene der Winkelhalbierenden des Winkels zwischen den Achsen der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und der Hilfswelle (4b) zu legen.

Diese Empfehlung begründet sich zunächst aus fertigungstechnischer Sicht, denn es genügt nur eine Ausführungsform einer kugelförmigen Gehäuseschale, die für beide Gehäuseschalen (1a) und (2a) verwendet werden kann.

Alternativ zu diesem Konzept gibt es eine andere Lösungsmöglichkeit mit vergleichbaren Eigenschaften, bei der die Trennebene beider Gehäuseschalen (1a') und (2a') gemäß Fig. 18 und 18a in die gemeinsame Achsebene der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und der Hilfswelle (4b) und der Hilfswelle (4b) gelegt wird.

Mit der erstbeschriebenen Lösung verbinden sich allerdings auch weitere Vorteile, die anhand der Fig. 19 und 19a erklärt werden.

Sind die formidentischen Gehäuseschalen (1a) und (2a) auf der Trennebene (6) zusammengefügt, kann durch einfaches gegeneinander Verdrehen jeder gewünschte Spreizwinkel zwischen der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und der Hilfswelle (4b) eingestellt und beispielsweise durch eine Verschraubung (6a) fixiert werden. Der Spreizwinkel kann dabei stufenlos von Null bis zum maschinenseitig maximal möglichen Winkel eingestellt werden, wobei der Höchstwert von den für die eingebauten Kolben gewählten Dimensionen bestimmt wird.

Wiederum abhängig von einem gewählten und fixierten Spreizwinkel können die Ein- und Auslaßöffnungen (19) und (20) in den formidentischen, kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) platziert werden.

Es ist somit erfindungsgemäß möglich, die Kardandrehkolbenmaschine von vornherein für jedes geplante individuelle Einsatzprofil in kostengünstiger Weise einzurichten.

Und noch ein weiterer Vorteil ist erfindungsgemäß damit gegeben, daß beispielsweise die Verschraubung

(6a) der Gehäuseteile (1a) und (2a) mit engtolerierten Langlöchern versehen ist, die es gestatten, die Kardandrehkolbenmaschine selbst am Einsatzort und unter Betriebsbedingungen zusätzlich in begrenztem Maße zu justieren, indem nur die Gehäuseteile (1a) und (2a) innerhalb des Freiheitsgrades der Langlöcher gegeneinander beispielsweise manuell oder ferngesteuert durch einen Hilfsantrieb verdreht werden, wobei allerdings die Einlaß- und Auslaßöffnungen (19) und (20) in an sich bekannter Weise flexibel mit den korrespondierenden Rohrsystemen verbunden sein müssen.

Schließlich kann als Trennebene zwischen den beiden kugelförmigen Gehäuseschalen jede andere Lage gewählt werden, die zwischen den genannten Alternativen liegt und die dabei die bestmögliche Lösung gibt unter der Gesamtheit aller Bedingungen des jeweiligen Anwendungsfalls.

In Fig. 20 wird die Möglichkeit gezeigt, in ein und derselben Kardandrehkolbenmaschine beispielsweise eine Verbrennungsmaschine mit einer Kompressionsmaschine zu verbinden.

Die Arbeitskammern I und II werden danach für die Verbrennungsmaschine, die Arbeitskammern III und IV für den Kompressor eingesetzt.

Die in Fig. 20 gezeigten Kombination würde beispielsweise für eine aufgeladene zweizylindrige Zweitakt-Verbrennungsmaschine gelten können.

Natürlich sind erfindungsgemäß unter Hinweis auf die in Fig. 17 und 17a dargestellten Kombinationsbeispiele auch Einzelaggregate von Kardandrehkolbenmaschinen in einer Weise und am kostengünstigen untereinander koppelbar, daß zum Beispiel das eine Aggregat eine Verbrennungsmaschine ist und das andere Aggregat ein Abgaslader oder eine Pumpe.

Fig. 21a zeigt die Kombination von zwei identischen Kardandrehkolbenmaschinen (50), die über eine gemeinsame Hilfswelle (4b') drehmechanisch und über einen zylinderförmigen, offen oder geschlossenen ausgeführten Adapter (55) gehäusemäßig miteinander verbunden sind.

Fig. 21 zeigt die Kombination von zwei Kardandrehkolbenmaschinen (50), die im Prinzip unter dem gleichen Konzept miteinander verbunden sind, wie bei der Darstellung gemäß Fig. 21a; jedoch wurde bei beiden Aggregaten (50) die Trennebene (6) der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) derart angeordnet, daß der zylinderförmige Adapter (55') parallel zueinander liegende Verbindungsebene hat.

Werden zwei Kardandrehkolbenmaschinen derart eng zusammengedrückt, wie in Fig. 21c gezeigt, können diese in einem gemeinsamen Gehäuse mit den Gehäuseschalen (1a') und (2a') und (2a') integriert werden, deren Trennebene in der gemeinsamen Achsebene der Antriebs-/Abtriebswellen (3b) liegt.

Auch die beiden Drehkolben (4a) können zu nur einem Drehkolben (4a') integriert werden, so daß diese Variante einer Kardandrehkolbenmaschine zwei weitere Arbeitskammern V und VI erhält und somit insgesamt sechs Arbeitskammern zur Verfügung stehen, wobei die Arbeitskammern V und VI konstruktiv gleich groß oder auch größer als die Arbeitskammern I bis IV gestaltet werden können.

Ebenso ist es möglich, gemäß Fig. 21d die Verbindungsstelle beider Hälften des integrierten Drehkolbens (4a') um einen zylindrischen Abschnitt, beispielsweise als zusätzliches Lager und auch die gemeinsamen beiden Gehäuseschalen (1a') und (2a') um den entsprechenden Betrag zu erweitern, wodurch die Arbeitskammer

mern VII und VIII, insgesamt also acht Arbeitskammern in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sind.

Die Arbeitstakte für die Arbeitskammern I, III und II, IV sind gleichsinnig, jedoch um 90° gegenüber den gleichsinnigen Arbeitstakten in den Arbeitskammern V, VII und VI, VIII versetzt.

Schließlich kann gemäß Fig. 21e der integrierte Drehkolben (4a') auch zu einem kardanwellenähnlichen Verbindungselement (4a'') reduziert werden, das als Interface beispielsweise für einen Elektromotor dienen kann, der auch noch mit in das gleiche Gehäuse integriert werden könnte.

Ohne gesondert dafür Beispiele zu zeigen, ist es aber vorstellbar, mehrere Aggregate (50) gemeinsam in ein und demselben Gehäuse zu integrieren.

Die Kardandrehkolbenmaschine kann auch als Variante des Stirling-Motors eingesetzt werden, wie beispielhaft in den Fig. 22 bis 22b gezeigt.

Die erforderliche Konfiguration ist der Übersichtlichkeit wegen anhand von abstrahierenden Prinzipskizzen dargestellt.

In Fig. 22 ist in Draufsicht die kugelförmige Gehäuseschale (2a') zu sehen, wobei die Trennebene (6) zur Gehäuseschale (1a') in der gemeinsamen Achsebene der Antriebswelle (3b) und der Hilfswelle (4b) liegt.

Die Drehkolben (3a) und (4a) und mithin auch der Kreiskolben (5), sind in einer derartigen Drehwinkelposition, daß — wie in der Seitenansicht gemäß Fig. 22a ersichtlich — die vier Schnittpunkte der Achsen (7) und (8) mit den Konturen der Drehkolben (3a) und (4a) paarweise in einer oberen Ebene (56a) und paarweise in einer unteren Ebene (57a) zu liegen kommen und die beiden Ebenen (56a) und (57a) wiederum parallel zur Trennebene (6) verlaufen.

Die Ebenen (56a) und (57a) begrenzen Kugelkalotten (56b) und (57b) in den Gehäuseschalen (1a') und (2a'), die in diesen Bereichen in an sich bekannter Weise zum Heizen und zum Kühlen eingerichtet sind. Die Ebenen (56a) und (57a) bestimmen die theoretischen Mindest-Dimensionen der Kugelkalotten (56b) und (57b).

Abhängig von den individuellen konstruktiven Bedingungen können diese noch bis zum theoretischen Höchstwert, d. h. bis zu den Verbindungsflanschen der Gehäuseschalen (1a') und (2a') vergrößert werden.

Bei der angegebenen Drehrichtung muß die untere Kugelkalotte (57b) kühlen und die obere Kugelkalotte (56b) heizen. Für eine entgegengesetzte Drehrichtung sind die Funktionen zu tauschen.

Analog dem Arbeitsprinzip des Stirling-Motors, nämlich eine bestimmte Gasmenge durch Aufheizen zum Ausdehnen und durch Abkühlen zum Zusammenziehen zu bringen und die dabei einhergehende Volumenänderung durch Kolben in Arbeit umzusetzen, kann dies auch die Kardandrehkolbenmaschine in gleicher Weise, in dem die definierten Gas Mengen in den Arbeitskammern I bis IV je nach ihrer Drehwinkel-Position aufgeheizt werden, d. h. sich ausdehnen, bzw. abgekühlt werden, d. h. sich zusammenziehen, wobei die Volumenänderungen zum einen in Dreharbeit umgesetzt werden und dabei zum anderen neue Gasvolumen in die Heizzone oder in die Kühlzone geschoben werden.

Um zu verhindern, daß sich die unterschiedlichen Gasdrücke ausgleichen, sind die Drehkolben (3a), (4a) und der Kreiskolben (5) mit schleifenden Dichtungen gegenüber dem Inneren der Gehäuseschalen und gegeneinander versehen. Ebenso ist vorteilhaft eine Dichtung zwischen den Flanschen der beiden Gehäuseschalen (1a') und (2a') mit den Paßbolzen (6a) zu verschrau-

ben, um auch den Wärmeübergang von der einen zur anderen Gehäuseschale zu vermindern.

Interessant kann in diesem Zusammenhang auch die in Fig. 16 gezeigte Variante einer Kardandrehkolbenmaschine sein, bei der statt der Arbeitskammern I bis IV innerhalb des geschlossenen, kugelförmigen Gehäuses diese durch flexible, laternenförmige Faltbälge (46), beispielsweise in Kugelform gebildet werden, die zwischen den Drehkolben (3a), (4a) und dem Kreiskolben (5) angeordnet und mit diesen formbündig, kraftschlüssig und abgedichtet verbunden sind.

Außerdem kann auf den in Fig. 16a gezeigten Hohlraum für die Hohlwellenanordnung (48a) und (48b) verzichtet werden.

Allerdings muß dafür gesorgt werden, daß analog den kalottenförmigen Heiz- bzw. Kühlzonen in den Gehäuseschalen (1a') und (2a'), gleichermaßen sich die Faltbälge (46) durch heizende und kühlende Medienbereiche drehend bewegen können.

Beispielsweise kann diese Kardandrehkolbenmaschine im Bereich der unteren Kugelkalotte (57b) in einem Kühlwasserbad drehen und der Bereich der oberen Kugelkalotte (56b) durch Wärmestrahlung beheizt werden.

Das Wechselspiel von Vergrößerung und Verkleinerung der Gasvolumina in den Arbeitskammern I bis IV in Abhängigkeit des Drehwinkels der Abtriebswelle (3b) sowie der von ihnen durchwanderten Heiz- und Kühlzonen wird beispielhaft in der Graphik gemäß Fig. 22b gezeigt. Dabei kennzeichnen die Bereiche (58) in schräger Schraffur die neutralen Zonen unmittelbar oberhalb und unterhalb der Trennebene (6) bzw. zwischen den Kugelkalotten (56b) und (57b).

Die Bereiche (59) in vertikaler Schraffur sind die Heizzonen, die Bereiche (60) in horizontaler Schraffur sind die Kühlzonen.

Die Felder (61) mit breitem schwarzem Rand sind konzeptbedingte, aber größenmäßig festlegbare Verlustfelder, wo z. B. bei sich verkleinerndem Kammervolumen noch weitergeheizt wird.

Auch die in Fig. 12 bis 12c gezeigte Alternative kann prinzipiell nach dem Stirling-Arbeitsverfahren eingesetzt werden. In Fig. 23 bis 23d wird dazu eine Variante gezeigt, bei der die kugelförmigen Gehäuseschalen (1a') und (2a'') durch die Taschen eingesetzte Paßbolzen (6a'') miteinander verschraubt werden. Hierdurch fallen die beiden Verbindungsflansche weg und die Oberfläche der Gehäuseschalen wird ebenmäßiger und damit günstiger für die Anordnung bzw. Wirkung der Heiz- und Kühlfelder nach dem Stirling-Verfahren.

Außerdem werden zwei weitere erfindungsgemäße Besonderheiten gezeigt: Zum einen kann mit einem im Zentrum des kugelförmigen Gehäuses fest angeordneten Kugelelement das Verhältnis der Kammervolumina zur Außenoberfläche bei unverändertem Gehäuseaußendurchmesser je nach Erfordernis gewählt und angepaßt werden. Zum anderen kann das Kugelelement genutzt werden, mit Hilfe noch zu beschreibender konstruktiver Maßnahmen, die Umlaufbewegungen des Kreiskolbens (5a'') von innen zu steuern.

Im einzelnen besteht das zentral angeordnete Kugelelement aus den zwei Teilen (63a) und (63b). Sie sind derart bearbeitet, daß sie miteinander durch verdeckte Schrauben (63c) verbunden werden können, wobei im Bereich der Trennebene eine Ringnut (64) für das innenliegende Ringelement (65) entsteht.

Das Ringelement (65) ist in den Achslagen (8/8) mit Zapfen versehen, die in entsprechende Bohrungen hineinpassen, die entstehen, wenn die beiden Kreiskolben-

hälften (5a'') und (5b'') durch die Schrauben (66) miteinander verbunden werden.

Das zweiteilige Kugelement (63a), (63b) wird durch die Achse (62), versehen mit einem Vierkant, der in eine entsprechende Ausnehmung des Kugelements (63b) hineinpaßt, im Zentrum des Kugelgehäuses durch einen Stift (62b) gesichert, gehalten. Die Achse (62) ist durch die Schrauben (62a) mit den beiden Gehäuseschalen (1a'') und (2a'') verbunden.

Der Drehkolben (3a'') ist einteilig, besitzt eine Bohrung (3b'') als Auflager für die Achse (62), einen Ausschnitt im Zentrum für das Kugelement und Drehverbindungen für den zweiteiligen Kreiskolben (5a''), (5b''), der gleichermaßen das Kugelement (63a), (63b) umspielen kann.

Die Bewegungsabläufe der in Fig. 23 bis 23d dargestellten Maschine entsprechen denen der in Fig. 12 und 12a erklärten Maschine.

Da die Arbeitstakte der Arbeitskammern I und III sowie II und IV gleichsinnig, aber paarweise gegenläufig sind, ergibt sich eine prinzipielle Anordnung der Heiz- und Kühlflächen an der Außenfläche des Kugelgehäuses wie sie beispielhaft in den Fig. 23b und 23c gezeigt wird.

Die Heiz- und Kühlflächen bedecken danach paarweise einander diagonal gegenüberliegende Kugelsektoren. Heizflächen (59) sind dabei mit senkrechter, Kühlflächen (60) mit waagerechter Schraffur gekennzeichnet. Ihre Anordnung richtet sich zudem nach der angegebenen Drehrichtung. Die Heiz- und Kühlflächen werden durch die Linien 7/7 sowie (67a) und (67b) sektoral begrenzt. Ihre günstige Positionierung und damit die Größe und Lage der Heiz- und Kühlfläche ergibt sich nach den jeweiligen individuellen Maschinendaten und Einsatzbedingungen. Insofern können die Darstellungen in Fig. 23b und 23c nur beispielhaft sein.

In Fig. 23d wird ein Prinzipbeispiel für eine praktische Versorgung der Heiz- und Kühlfläche gezeigt, das aus den zwei Hälften (1a'') und (2a'') gebildete, feststehende Kugelgehäuse ist in der Ansicht "C" dargestellt, wobei die zu heizenden und zu kühlenden Flächen am besten erkennbar sind und sich infolgedessen auch die Anordnung der Versorgungsleitungen (68) für die Heiz- und Kühlmedien (59) und (60) ergibt.

Vorzugsweise sollten die Versorgungsleitungen (68), wie gezeigt, einen kreisförmigen Querschnitt haben, aber im Berührungsbereich mit dem Kugelgehäuse derart verändert werden, daß größtmögliche Heiz- bzw. Kühlflächen entstehen können. Die sich dabei ergebenden Berührungslinien zwischen den Versorgungsleitungen (68) und dem feststehenden Kugelgehäuse können hermetisch, aber flexibel abgeschlossen sein oder mit kleinstzulässigem Spalt belassen werden.

Für den letztgenannten Fall empfiehlt es sich, ein kugelförmiges be-/entlüftetes Schutzgehäuse (69) mit einer Wellendurchführung (70) für die Welle (3b) in sinnvollem Abstand zum Maschinengehäuse, wie gezeigt, anzuordnen.

Eine Variante zu der in Fig. 23 bis 23d dargestellten Drehkolbenmaschine zeigt die Fig. 24. Hier läuft das aus den zwei Hälften (1a''') und (2a''') bestehende Kugelgehäuse mit der daran fest verschraubten Welle (32b'') und mit den durch die Verschraubung (68) im Gehäuseinneren fixierten Drehkolben (3a''') um.

Gelagert ist diese Maschine in einer Rahmenkonstruktion, die aus Teilen (45a') und (45b') besteht und die an den Stellen (45c') miteinander verschraubt sind. Gegenüber der Welle (3b'') ist das Kugelgehäuse und der

damit verschraubte Drehkolben (3a''') auf der Achse (62) gelagert, die im Gehäuseinneren, wie oben zu Fig. 23 beschrieben, das zentrale Kugelement trägt und außen mit dem Rahmenteil (45b') durch Schrauben (62a) verbunden ist.

Die übrigen Elemente dieser Maschinen-Variante sind angeordnet und bezeichnet, wie zu Fig. 23 bis 23d beschrieben. Ebenso gelten die dazu gegebenen Erläuterungen hinsichtlich Arbeitstakte, Heiz- und Kühlflächen und deren Versorgung.

Die derart beschriebenen Stirling-Varianten einer Kardandrehkolbenmaschine können mit ihren mindestens vier Arbeitskammern und ihrem vergleichsweise einfachen Aufbau eine interessante Alternative sein zu den an sich bekannten Stirling-Motoren und ihren Anwendungen, beispielsweise bei der Wärme-/Kraftkopplung.

Eine insbesondere für das Stirling-Verfahren einsetzbare Variante der originären Kardandrehkolbenmaschine gemäß Fig. 1 wird mit den Fig. 25 bis 25e vorgestellt. Das wesentliche erfindungsgemäße Merkmal dieser Maschinenvariante ist die stufenlose Regelbarkeit von Null bis zu einem maschinenspezifischen Maximalwert während des laufenden Betriebs entweder von Hand oder automatisch/elektronisch, durch Betriebsparameter gesteuert.

Für diese Variante wird die Trennebene (6) der beiden kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) der beiden kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) vorzugsweise senkrecht zur Mittelachse (3b) oder Antriebs-/Abtriebswelle (71) gelegt.

Die Antriebs-/Abtriebswelle (71) ist eine Hohlwelle, die in dem mit der Gehäuseschale (1a) verbundenen Lagerrohr (72) in den Lagern (73a) und (73b) drehbar gelagert und gegenüber dem Kugellinnenraum abgedichtet ist.

Die Antriebs-/Abtriebswelle (71) ist im Gehäuseinneren mit dem Drehkolben (3a) und außen beispielsweise mit einem Zahnrad (74) fest verbunden.

Das im Zentrum des Kugelgehäuses positionierte Kugelement ist zweiteilig ausgeführt und besteht aus den halbkugelförmigen Teilen (63a') und (63b').

Das Kugelement ist direkt nur mit seinem Teil (63a') fest mit der Hohlachse (62') verbunden, die sich innen-seitig mit dem Lager (75) am Ende der hohlen Antriebs-/Abtriebswelle (71) abstützen kann. Außenseitig ist die Hohlachse (62') mit der Traverse (76b) verschraubt, die über eine Schraubverbindung (76c) mit der an der Gehäuseschale (1a) festgemachten Rahmenkonstruktion (76a) angeschlossen ist.

Das halbkugelförmige Teil (63b') des Kugelements ist mit der Schraubverbindung (77) drehbar an der anderen Hälfte, Teil (63a'), montiert und ist abbildungsgemäß mit dem Zapfen (78) ausgestattet, der wiederum die Drehachse für den Drehkolben (4a) abgibt.

Durch Schwenken des Zapfens (78) ist es möglich, den Spreizwinkel zwischen den beiden Drehkolbenachsen bei laufender Maschine stufenlos zu verändern. Der Schwenkvorgang kann von Hand, automatisch, elektrisch, mechanisch, hydraulisch oder in Kombinationen davon entweder von außen und/oder aus dem Gehäuseinneren bewirkt werden.

Beispielhaft ist dafür in Fig. 25 eine Servosteuerung (79) mit hilfsweiser Handbedienung an der Traverse (76b) montiert, in die von außen kommend die Steuer-, Betriebs- und Versorgungsleitungen (80) hineinführen.

Anhand von Schnittbildern werden mit den Fig. 25a bis 25e eine mechanische und eine hydraulische Lösung

für Schwenkmechanik im zentralen Kugelement gezeigt.

In den Fig. 25a und 25b werden die halbkugelförmigen Teile (63a') und (63b') des Kugelements jeweils von ihrer gemeinsamen Trennebene aus gesehen gezeigt, dabei ist die mechanische Lösung beispielhaft dargestellt.

Bei der Fig. 25c sieht man auf die Trennebene des Kugelement-Teils (63a'). In die Trennebene ist eine Ringnut (81) mit halbkreisförmigem Querschnitt für einen Dichtungsring (82) eingefräst. In den zylinderförmig herausgearbeiteten Arbeitsraum (83) ragt der halbmondförmige Querschnitt eines Mitnehmerarms (84), der an der Trennfläche des darüberliegenden Kugelement-Teils (63b') mit den Paßstiften (84c) verbunden ist.

Der Mitnehmerarm (84) ist, wie gezeigt, mit zwei Ösen (84a) und (84b) ausgestattet. In die Öse (84a) wird das Ende eines um das mit einer Verschraubung (63c') befestigte Formstück (63d) herumgeführten Bowdenzugs (85) eingehakt. In die Öse (84b) ist eine Zugfeder (86) eingehängt mit dem Zapfen (87) als Konterpunkt.

Im zusammengebauten Zustand kann das Kugelementteil (63b) mit dem angearbeiteten Zapfen (78) durch Betätigung des Bowdenzugs gegen die Federkraft stufenlos geschwenkt werden.

Vorzugsweise sollte bei der normalen Betriebsposition das bewegliche Kugelement-Teil (63b') mit dem angearbeiteten Zapfen unter Bowdenzug und gegen die Federkraft bis an die eine Endlage geschwenkt und damit eindeutig fixiert werden.

Mit den Fig. 25d und 25e wird beispielhaft eine hydraulische Lösung für die Schwenkmechanik gezeigt, die in der originären Kardandrehkolbenmaschine und auch in der alternativen gemäß Fig. 12 verwendet werden kann.

Fig. 25d zeigt in einem Schnitt in der Zeichenebene das beispielsweise in diesem Fall einteilige Kugelement (63) mit der Ringnut (64) für die alternative Form der Kardandrehkolbenmaschine nach Fig. 12 bzw. 24 oder anstelle der Ringnut (64) mit dem Zapfen (78) ausgestattet für die originäre Kardandrehkolbenmaschine wie zuletzt in Fig. 25 dargestellt.

Das Kugelement (63) ist drehbar über Schraubzapfen (77') mit der massiven, feststehenden Innenachse (62'') verbunden, die im Bereich des Kugelements (63) gemäß Fig. 25e abgeflacht ist und sich mit geringstmöglichem Spiel in der Ausnehmung (89) bewegen kann.

Erkennbar ist außerdem die Hohlwelle (71) mit dem Drehkolben (3a) und das zwischen Innenachse (62'') und Hohlwelle (71) angeordnete Lager (75).

Die Innenachse (62'') ist mit den Bohrungen (88a) und (88b) beispielsweise für ein Hydraulik-Medium versehen, das, von außen gesteuert, die beiden Bälge (90) in der Ausnehmung (89) wechselseitig vergrößert und verkleinert, wobei das Kugelement (63) — entweder mit der Ringnut (64) oder mit dem Zapfen (78) ausgestattet — um die Achse (77') hin und her geschwenkt wird.

Diese Schwenkbewegung ist die mechanische Voraussetzung für eine stufenlose Regelbarkeit der nominalen Arbeitskammern-Volumina auch während des laufenden Betriebs.

Diese Aussage gilt uneingeschränkt für die originäre Form (vergl. Fig. 1) und die alternative Form (vergl. Fig. 12) der Kardandrehkolbenmaschine, wenn sie nach dem Stirling-Verfahren eingesetzt werden, d. h., keine Aus-/Einlaßöffnungen besitzt.

Diese Aussage gilt weiterhin uneingeschränkt für die alternative Form (vergl. Fig. 12) der Kardandrehkol-

benmaschine auch bei allen übrigen, oben beschriebenen Einsatzarten, weil die Anordnung der erforderlichen Aus-/Einlaßöffnungen durch die Regelvorgänge unberührt bleibt.

Diese Aussage gilt eingeschränkt für die originäre Form (vergl. Fig. 1) der Kardandrehkolbenmaschine, wenn sie in den übrigen Einsatzarten verwendet werden soll, wie folgt:

Die Einschränkung bezieht sich ausschließlich auf die Funktionen in den Arbeitskammern III und IV, weil die Anordnung der zugehörigen Aus-/Einlaßöffnungen für den Normalbetrieb gleichsinnig mit den Schwenkbewegungen bei Regelvorgängen verändert werden mußte.

Da dieses unter dem vorliegenden Entwurfskonzept nur mit weiterem, unverhältnismäßig hohem technischen Aufwand möglich ist, sind für diese Bereiche nur marginale Justagen während des laufenden Betriebs stufenlos regelbar.

Patentansprüche

1. Kardandrehkolbenmaschine, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb zweier kugelförmiger Gehäuseschalen (1a) und (2a) ein Drehkolben (3a) mit der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) in dem Lager (1b) und ein Drehkolben (4a) mit der Hilfschwelle (4b) in dem Lager (2b) und ein Kreiskolben (5), mit den Drehkolben (3a) und (4a) kardangelenlig verbunden, gemeinsam rotieren können und die dabei anordnungsgemäß in dem kugelförmigen Gehäuse gebildeten Arbeitskammern I, II, III und IV während einer vollen Umdrehung der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) jede für sich zweimal den Rauminhalt zwischen einem Minimum und einem Maximum ändert.

2. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und der Hilfschwelle (4b) unter einem stumpfen Winkel angeordnet sind und dieser Winkel, Spreizwinkel genannt, nicht kleiner sein darf als $90^\circ + x^\circ$ und sinnvollerweise nicht gleich oder größer sein soll als 180° , wobei der Winkelbetrag von x° fallweise durch die operativen Bedingungen und mindestens durch die Geometrien der Drehkolben (3a) und (4a), des Kreiskolbens (5) definiert wird.

3. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich bei einer vollen Umdrehung der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) die Rauminhalte in den Arbeitskammern I und II gegenläufig und gegenüber denen der Arbeitskammern III und IV um einen Drehwinkel von 90° versetzt ändern und dabei das gesamte nutzbare Arbeitsvolumen mindestens gleich oder größer als das Bauvolumen sein kann.

4. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennebene (6) zwischen beiden kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) senkrecht zur gemeinsamen Achsenebene der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und der Hilfschwelle (4b) sowie auf der Winkelhalbierenden des Spreizwinkels ihrer Achsen angeordnet ist.

5. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) im Bereich ihrer Trennebene (6) unverrückbar miteinander verbunden werden können, beispielsweise durch an diese Gehäuseschalen (1a) und (2a) ange-

formte Flansche und einer Reihe von kreisförmig angeordneten Paßschrauben (6a).

6. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebs-/Abtriebswelle (3b) je nach Verwendung der Kardandrehkolbenmaschine dem einen oder dem anderen Zweck dient und deswegen aus dem Gehäuselager (1b) herausgeführt ist, während die Hilfs- welle (4b) entweder im Gehäuselager (2b) blind ge- lagert und beispielsweise mit einem Deckel (16) ge- schützt werden kann oder als Drehverbindung für den Anschluß mit anderen Aggregaten aus dem Gehäuselager (2b) herausgeführt werden kann.

7. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden ku- gelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) insoweit und abgesehen von weiteren Bearbeitungen und Anbauten formidentisch sind und somit für eine Kardandrehkolbenmaschine nur zweimal die glei- che kugelförmige Gehäuseschale benötigt wird.

8. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehkolben (3a) und (4a) ihrer natürlichen, geometrischen Kör- perlichkeit nach halbkreisförmige Kugelsegmente sind und der Kreiskolben aus zwei sich zu einem Vollkreis ergänzenden halbkreisförmigen Kugel- segment-Paaren mit sich unter einem Winkel von 90° kreuzenden Achsen (7) und (8) besteht und Drehkolben (3a) in der Achse (7) und Drehkolben (4a) in der Achse (8) kardangelenlig mit dem Kreis- kolben (5) verbunden sind.

9. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Ein- fachausführung der Drehkolben (3a) aus zwei dün- nen, aber steifen halbkreisförmigen Materialschi- cten (3c) und (3d) mit zwischen ihnen in der neutra- len Faser eingeleimter Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und eingeleimtem Gewebepband (9) besteht, der Drehkolben (4a) analog zum Drehkolben (3a) gefertigt und ausgestattet ist und daß der Drehkol- ben (3a) und der Drehkolben (4a) mit den herausra- genden Teilen der Gewebepbänder (9) in der neutra- len Faser zwischen die zwei Materialschichten (5a) und (5b) des Kreiskolbens (5) kardanartig gelenkig in den Achsen (7) und (8) eingeleimt sind, und diese Komponenten derart drehbar in den Lagern (1b) und (2b) gelagert sind, daß sie mit einem kleinst- möglichen Spalt (10) innerhalb des aus den kugel- förmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) gebildeten Kugellinnenraums berührungsfrei rotieren können.

10. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß beispielsweise für eine andere Einfachausführung der Drehkolben (3a) aus einem dickeren, aber steifen, halbkreisfö- rigen Plattenmaterial und in der neutralen Faser eingeleimten Antriebs-/Abtriebswelle (3b) besteht, der Drehkolben (4a) analog zum Drehkolben (3a) gefertigt und ausgestattet ist, der Kreiskolben (5) ebenfalls aus einem dickeren, aber steifen vollkreis- förmigen Plattenmaterial besteht und in seiner neu- tralen Faser in den Achsen (7) und (8) im Randbe- reich mit Taschen (13) und Gelenkstiften (11) verse- hen ist, an denen die Drehkolben (3a) und (4a) mit ihren angeklebten Laschen (12) kardanartig gelenk- ig gelagert sind, wobei halbrunde Profileisten (14) zwischen den Taschen (13) beidseitig und sich kreuz- end auf dem Kreiskolben (5) angebracht sind, um als Dichtleiste zu fungieren, und alle genannten

Komponenten derart montiert in den Lagern (1b) und (2b) gelagert sind, so daß sich alle Teile mit einem kleinstmöglichen Spalt (10) berührungsfrei gegeneinander bewegen und insbesondere inner- halb des Kugellinnenraums berührungsfrei rotieren können.

11. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ihre Kompo- nenten für qualitativ anspruchsvollere Betriebsbe- dingungen in Massivbauweise aus höherwertigen Materialien gefertigt sind und deren beide Dreh- kolben (3a) und (4a) in den rechtwinklig zueinander- stehenden Achsen (7) und (8) gelenkig mit den Kreiskolben (5) beispielsweise durch jeweils ein Paar Gewindezapfen (15) verbunden sind und die Drehkolben (3a) und (4a) an den Verbindungsstel- len derart geformt sind, daß sie formtreu in zylin- derförmige Taschen (13) des Kreiskolbens (5) hin- eingreifen, wobei alle Gelenkstellen und drehenden Teile derart formgerecht zueinander und paßgenau gearbeitet und gelagert sind, daß ein kleiner Spalt (10) zwischen ihnen untereinander und der kugel- förmigen Gehäuseinnenwand für eine gerade noch berührungsfreie Bewegung verbleibt.

12. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Pum- penversion in beide Gehäuseschalen (1a) und (2a) Einlaßöffnungen (19) und Auslaßöffnungen (20) eingearbeitet sind, deren Funktion sich aus der ge- wählten, angezeigten Drehrichtung definiert und die sinnvollerweise nur in den Gehäusebereichen zwischen den Begrenzungslinien (17) und (18) anzu- ordnen sind, und zwar vorzugsweise so, daß die Einlaßöffnung (19) durch den abdeckenden Dreh- kolben (3a) geöffnet wird, um die Arbeitskammer I durch die mit der Drehung einhergehenden Volu- menvergrößerung zu füllen, während parallel dazu auch die Auslaßöffnung (20) durch den Drehkolben (3a) ebenfalls geöffnet wird und die gefüllte Ar- beitskammer II durch die mit der Drehung einher- gehenden Volumenverkleinerung geleert wird, und diese Vorgänge um 90° versetzt durch den Dreh- kolben (4a) auch in den Arbeitskammern III und IV bewirkt werden, wodurch bei einer vollen Umdre- hung der Antriebswelle (3b) das gesamte Ansaug- bzw. Fördervolumen mindestens dem Volumen des gesamten Kugellinnenraumes gleich ist, aber auch durch eine Vergrößerung der Spreizung der Ach- sen zu (3b) und (4b) darüber hinaus noch vergröß- ert werden kann.

13. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlaß- und Aus- laßöffnungen keine gesonderten Absperreinrich- tungen brauchen.

14. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß diese als Kom- pressionsmaschine eingesetzt werden kann, indem anordnungsgemäß jeweils eine gemeinsame Ein- laß-/Auslaßöffnung (21) für die Arbeitskammern I und II in der Gehäuseschale (1a) und für die Ar- beitskammern III und IV in der Gehäuseschale (2a) vorgesehen ist, die entsprechend durch die Dreh- kolben (3a) und (4a) beim Rotieren geschlossen und geöffnet werden, wobei nach Freigabe der Öffnung (21) die in Drehrichtung gesehen hinter dem Drehkolben (3a) folgende Arbeitskammer das in ihr befindliche komprimierte Medium entlassen kann und sich diese nach erfolgtem Druckausgleich

über dieselbe Öffnung (21) wieder mit neuem Medium füllen kann, um beim Weiterdrehen des Kolbens (3a) nach Beendigung des Füllvorgangs wieder zu komprimieren, und die derart beschriebenen Arbeitstakte gegenläufig in der Arbeitskammer II und durch den mitrotierenden Drehkolben (4a) auch in den Arbeitskammern III und IV, jedoch um 90° versetzt, bewirkt werden.

15. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ansaugen eines Mediums aus einem bestimmten Rohrsystem und das Hineindrücken des komprimierten Mediums in ein anderes, dafür bestimmtes Rohrsystem diese und die Öffnungen (21) beispielsweise mit einem Verbindungsrohr (22) in T-Form verbunden werden, das in seiner einfachsten Ausführung anordnungsgemäß mit zwei Flatterscheiben-Ventilen (23) ausgestattet ist, die so eng wie möglich bei der Öffnung (21) positioniert sind, um Verlusten kleinzuhalten und die es nach Art ihrer Anordnung und Funktion ermöglichen, die Medien nach ihren jeweiligen Zuständen getrennt voneinander zu leiten.

16. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß diese als Expansionsmaschine eingesetzt werden kann, indem vergleichsweise bei der gemäß Anspruch (12) beschriebenen Pumpenversion die Plätze der Einlaßöffnungen (19) und der Auslaßöffnungen (20) in den Gehäuseschalen (1a) und (2a) getauscht und auch die Drehrichtung geändert wird und durch die Einlaßöffnung (19) kurz nach Freigabe durch den Drehkolben (3a) beispielsweise Dampf unter Druck in die Arbeitskammer I eingeblasen wird, das Medium die Kammer füllt und sich weiter ausdehnt, wobei der Drehkolben (3a) weiter in Drehrichtung gedreht wird, bis er die Auslaßöffnung (20) freigibt und das abgearbeitete Medium daraus entweichen kann, und die derart beschriebenen Arbeitstakte auch in den Arbeitskammern III und IV ablaufen, jedoch um 90° versetzt, ohne daß gesonderte Absperrorgane, wie Ventile, Klappen oder Schieber zusätzlich erforderlich sind.

17. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß diese als Verbrennungskraftmaschine (Otto-Motor) eingesetzt werden kann, die nach dem Zweitaktverfahren arbeitet, indem die Einlaßöffnung (19) und die Auslaßöffnung (20) hier beispielsweise einander berührend und eine Zündkerze (24) jeweils für sich anordnungsgemäß unter einem funktionell bestimmten Winkel zum Totpunkt des Drehkolbens (3a) in den Gehäuseschalen (1a) und (2a) angeordnet sind und das in der Arbeitskammer I befindliche Luft-/Gasgemisch kurz vor dem höchsten Kompressionspunkt durch die Zündkerze (24) gezündet wurde, sich ausdehnt, den Drehkolben (3a) vor sich hertreibt, bis die nachlaufende Kante des Drehkolbens (3a) als erstes die Auslaßöffnung (20) freigibt, das verbrannte Luft-/Gasgemisch austritt, unmittelbar danach der weiterdrehende Drehkolben (3a) die Einlaßöffnung (19) freigibt, das frische Luft-/Gasgemisch eintritt, die Arbeitskammer I wieder gefüllt wird und mit dem Drehkolben (3a) wieder weiter in die Kompressions-, Zünd- und Arbeitsphasen gedreht wird, währenddessen in der Arbeitskammer II um 180° und in den Arbeitskammern III und IV jeweils um 90° versetzt, die glei-

chen Arbeitstakte ablaufen wie oben beschrieben, wobei für jedes der beiden Arbeitskammerpaare nur eine Zündkerze und eine Einlaß-/Auslaßöffnung erforderlich ist.

18. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Einlaßöffnung (19) und Auslaßöffnung (20) einander berührend, d. h. in einer Gehäuseöffnung integriert sind, aber anordnungsgemäß zu getrennten Rohrsystemen führen, nämlich Einlaßöffnung (19) ist verbunden mit Einlaßrohr (25) und die Auslaßöffnung (20) mit dem Auslaßrohr (26), und in beiden Rohren (25) und (26) sind Flatterscheiben-Ventile (23) vorgesehen, die es nach Art ihrer Anordnung und Funktion ermöglichen, die Medien nach ihren jeweiligen Zuständen getrennt und unabhängig voneinander zu leiten, wobei die Flatterscheiben-Ventile (23) so nah wie möglich an die Öffnungen (19) und (20) plaziert wurden, um die Verlusten so klein wie möglich zu halten, und es werden keine zusätzlichen, aktiv gesteuerten Absperrorgane für die Zweitaktversion der Kardandrehkolbenmaschine benötigt.

19. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß diese als Verbrennungskraftmaschine (Otto-Motor) eingesetzt werden kann, die nach dem Viertakt-Verfahren arbeitet, indem die Einlaßöffnungen (19) und die Auslaßöffnungen (20) in den Gehäuseschalen (1a) und (2a) wie bei der Pumpenversion gemäß Anspruch 12 angeordnet sind, und sich die Arbeitsweise aus den schematisch/tabellarischen Darstellungen in Fig. 9c beispielhaft für die Arbeitskammern I und II ergibt und die gleichen Abläufe, jedoch um 90° versetzt auch in den Arbeitskammern III und IV stattfinden, wobei auch hier für jedes der beiden Arbeitskammerpaare nur eine Zündkerze und eine Einlaß-/Auslaßöffnung erforderlich ist.

20. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Viertakt-Version im Gegensatz zur Zweitakt-Version zusätzlich bei den Einlaßöffnungen (19) und Auslaßöffnungen (20) in an sich bekannter Weise drehwinkel-abhängig mit aktiv gesteuerten Absperrorganen ausgerüstet ist, um die in Fig. 9c dargestellten Arbeitsabläufe zu verwirklichen, und die Einlaßöffnungen (19) und Auslaßöffnungen (20) können mit entsprechenden Rohrsystemen verbunden sein.

21. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß diese auch als Verbrennungskraftmaschine, die nach dem Diesel-Verfahren arbeitet, eingesetzt werden kann, indem abgestimmt mit den fallweise gewählten Dimensionen, insbesondere für die Drehkolben (3a), (4a) und den Kreiskolben (5) der Spreizwinkel der Wellen (3b) und (4b) derart eingestellt ist, daß die für das Diesel-Verfahren erforderlichen höheren Verdichtungsgrade erreicht werden, wobei anstelle der Zündkerze (24) eine Brennstoff-Einspritzdüse und beispielsweise eine Glühkerze je Gehäuseschale (1a) und (2a) zu installieren sind.

22. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die rotierenden Massen der Drehkolben (3a), (4a) und insbesondere des Kreiskolbens (5) die Wirkung eines Schwungrades haben, wodurch die besondere Installation eines Schwungrades entfallen kann.

23. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1

bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehkolben (3a), (4a) und der Kreiskolben (5) insbesondere zur Innenwand der Gehäuseschalen (1a) und (2a) hin derart profiliert sind, daß — ohne einander zu berühren — beim Rotieren ein an sich bekannter dynamisch bewirkter Dichteffekt erzielt wird, und dafür geeignete typische Profilformen beispielhaft in den Fig. 10a bis 10e dargestellt sind und jede für sich oder auch miteinander kombiniert, verwendet werden können.

24. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8 und 11 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehkolben (3a), (4a) und der Kreiskolben (5) untereinander und zur Innenwand der Gehäuseschalen (1a) und (2a) mit einem schleifenden Dichtungssystem ausgestattet ist, um die Verlusten zu vermindern, wobei an sich bekannte Kolbenringausführungen, dergestalt für diesen Fall modifiziert und am Anwendungsbeispiel einer Umfangsdichtung für den Kreiskolben (5) dargestellt ist, daß dieser mit einer U-förmigen Ringnut (25) zur Aufnahme der zweiteiligen Viertelkreis-Kolbenringsegmente (26a) und (26b) ausgestattet ist, die Abmessungen der Ringnut (25) und der Kolbenringsegmente (26a) und (26b) nach Größe und Verhältnis derart gewählt sind, daß überall und unter allen Betriebszuständen nur die kleinstzulässigen Bewegungsspiele möglich sind und an der Überlappungsstelle beider Segmente (26a) und (26b) eine vor dem Herausfallen gesicherte Feder (27) immer versucht, die beiden Segmente (26a) und (26b) auseinanderzudrücken, sich diese bei den Gelenkstellen an den Drehkolben (3a) bzw. (4a) abstützen, dabei nach außen gleiten und sich damit unter den im Betrieb zu erwartenden Spaltänderungen stets abdichtend an die Innenwände der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) anlegen.

25. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8 und 11 bis 22 und 24, dadurch gekennzeichnet, daß das unter Anspruch 24 dargestellte Dichtungssystem im Bereich der Gelenkstellen der Drehkolben (3a) und (4a) insbesondere gegenüber den Innenwänden der Gehäuseschalen (1a) und (2a) ergänzt wird durch jeweils zweiteilige, zylinderförmige, mit der Form der Gelenkstellen bündige Dichtelemente (28a) und (28b), mit einer durchgängigen Bohrung (29a) im Element (28a) für den Gewindezapfen (15) und einer nicht durchgängigen Bohrung (29b) im Element (28b), ebenfalls für denselben Gewindezapfen (15) und einer kugelförmigen Stirnseite als Dichtfläche zur Innenwand, und beide Elemente (28a) und (28b) haben an den einander zugekehrten Stirnseiten jeweils — wie hier im gewählten Fall — vier segmentartige, schräge Berührungsflächen, auf denen sich beide Dichtelemente (28a) und (28b) unter Vergrößerung beider Gesamthöhe bewegen, wenn die zwischen beiden Dichtelementen (28a) und (28b) eingespannte Feder (30) diese gegeneinander verdreht, wodurch sich auch diese Dichtelemente im eingebauten Zustand unter allen Spaltänderungen abdichtend zwischen Innenwand der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) und den jeweiligen Gelenkstellen legen.

26. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8 und 11 bis 22 und 24, 25, dadurch gekennzeichnet, daß beispielsweise aus Gründen der Gewichtsersparnis oder eines verminderten Wärmeübergangs, die Drehkolben (3a), (4a) und der Kreiskol-

ben (5) nicht massiv, sondern in Hohlbauweise gefertigt sind, wobei eine kostengünstige, zweiteilige Ausführung, beispielhaft dargestellt an einem Drehkolben, die Verwendung von zwei formidentischen Drehkolbenhälften (31a) und (31b) vorsieht, die an den markierten Stellen (32) beispielsweise durch Senkschrauben miteinander verbunden sind, ggf. mit einer dazwischenliegenden Dichtung (33), und die Verbindung der beiden Drehkolbenhälften (31a) und (31b) mit der Welle (3'b) erfolgt in axialer Richtung durch einen ringförmigen Kragen (34) und in radialer Richtung durch einen Vierkant (35), die beide spielfrei in entsprechenden Ausnehmungen der Drehkolbenhälften (31a) und (31b) passen, so daß es zu einer kraftschlüssigen Verbindung der genannten Teile nach dem Verschrauben kommt.

27. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die bisherige Hilfswelle (4b) durch ein in einer neu definierten Verbindungsebene (6') zwischen den Gehäuseschalen (1a) und (2a) geführten Ringelement (36) ersetzt wird, wobei das Ringelement (36) — anordnungsgemäß in einfachster Form dargestellt — auch durch den Innenring eines Kugel- oder Wälzlagers ersetzt werden kann, im vorliegenden Fall mit allseits kleinstmöglichem Spiel in entsprechenden Ausnehmungen der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) unter dem Spreizwinkel () zur Antriebs-/Abtriebswelle (3b) bewegt werden kann, die Antriebs-/Abtriebswelle (3b) drehfest und unverschieblich mit dem Drehkolben (3a') verbunden ist, der bei dieser Ausführungsalternativen kreisförmig ist und diametral zur Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und coaxial zu dieser mit einer Hilfswelle (3b') ausgestattet sein kann, die in der kugelförmigen Gehäuseschale (2a) blind oder als Durchgangswelle gelagert werden kann, und daß ein zweiter kreisförmiger Drehkolben (5') zum einen in der Achse (7) gelenkig mit dem Drehkolben (3a) und zum anderen in der Achse (8) gelenkig mit dem Ringelement (36) verbunden ist, wodurch mit Drehung der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) die jeweiligen Arbeitstakte in den Arbeitskammern I und II synchron zu denen in den Arbeitskammern III und IV verlaufen und nicht gegeneinander um 90° versetzt sind, zudem die Arbeitstakte in den Arbeitskammern I, III und II, IV paarweise gleichsinnig und gegenläufig unter den Paaren erfolgen, jedoch jede Arbeitskammer I bis IV bei einer vollen Umdrehung der Antriebs-/Abtriebswelle einen vollständigen Füll- und Förderzyklus durchführt.

28. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehkolben (3a') und (5') derart geformt sind, daß sie sowohl ineinander gesteckt, als auch mit dem Gelenkzapfen (37) gelenkig verbunden werden können und die Gelenkverbindung zwischen dem Drehkolben (5') und dem Ringelement (36) wird durch zwei in der Achse (8) in das Ringelement (36) eingeschraubte Gewindezapfen (38) hergestellt, die in entsprechende Bohrungen des Drehkolbens (5') hineinpassen, wodurch nur noch zwei statt ursprünglich drei wesentliche Elemente benötigt werden und diese im kugelförmigen Gehäuse rotieren.

29. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 27 und 28, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine Vergrößerung der Stützlänge für die Lagerung der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) auf die Hilfswelle

(3b') und deren Lagerung verzichtet werden kann.

30. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 27 und 29, dadurch gekennzeichnet, daß die einteilige Ausführung des Drehkolbens (5'), wie beispielsweise in Fig. 12c gezeigt, auch zweiteilig miteinander verschraubt ausgeführt werden kann, wobei die Gelenkverbindung beim Drehkolben (3a') entsprechend passend umgestaltet ist.

31. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 27 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß auch diese Alternativlösung in entsprechender Weise, wie in den genannten Ansprüchen beschrieben, ausgestattet, eingesetzt werden kann als Pumpe, Kompressions-, Expansions- oder als Verbrennungsmaschine nach dem Otto- oder dem Dieselfverfahren.

32. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die ursprüngliche Antriebs-/Abtriebswelle (3b) wie die Hilfswelle (3b') blind gelagert ist, das Ringelement (36) beispielsweise mit dem Rotor (39) eines Elektromotors, wozu der Stator (40) gehört, verbunden ist und das ganze, wie dargestellt, mit entsprechender Formgebung in die kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) integriert ist und diese Kardandrehkolbenmaschine vom Rotor (39) eines Elektromotors über das Ringelement (36) und die damit direkt und indirekt gelenkig verbundenen Drehkolben (5') und (3') statt über die Antriebs-/Abtriebswelle (3b) angetrieben wird, wodurch die gesamte Maschineneinheit für bestimmte Einsatzzwecke komplett hermetisch abgeschlossen ist, wenn auch die Einlaß- und Auslaßöffnungen an die entsprechenden Rohrsysteme angeschlossen sind.

33. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäuseschalen (1a) und (2a) nicht aus magnetischen Materialien, vorzugsweise aus Kunststoff hergestellt und ihre Trennebene (6'') gegenüber der ursprünglichen (6') spiegelbildlich zur Mittelsenkrechten der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) angeordnet ist, das ursprünglich innenliegende Ringelement (36) eng um die kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) gelegt ist, das neue Ringelement (36') beispielsweise aus Magneteisen besteht und zunächst in der Ebene der ursprünglichen Trennebene (6') positioniert ist, in den Achsen (8) des Drehkolbens (5') beispielsweise zwei zylinderförmige Magnete (41) diametral zueinander formbündig und fest in diesen eingearbeitet sind, der Drehkolben (5') mit seinen Achsen (8) durch die zwischen den Magneten (41) und dem Ringelement (36') durch die Kunststoff-Gehäuseschalen wirkenden Magnetkräfte auch beim Drehen der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) stets auf der Ebene des Ringelements (36') gehalten wird und absolut reibungsfrei, ohne ursprüngliche mechanische Führungen rotieren kann.

34. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Ringelement (36') zweiteilig ausgeführt ist und die Ringelementhälften (36'a) und (36'b) an den Verbindungsstellen überlappt verschraubt sind, das sich das montierte Ringelement (36') in zwei Ausschnitten (41) der Flanschverbindung beider Gehäuseschalen (1a) und (2a) bewegen und sich dabei um zwei in die Flanschverbindung diametral einander gegenüber eingesetzte Stifte (43) drehen kann, die wiederum in entsprechende Bohrungen des Ringelements (36') hineinpassen, durch einfaches Schwenken des

Ringelements (36') während des Betriebs dieser Kardandrehkolbenmaschine beispielsweise die Füll- und Förderrate gleichzeitig für alle vier Arbeitskammern I bis IV stufenlos und ohne Betriebsunterbrechung von einem Maximum auf Null und umgekehrt geregelt werden können.

35. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionen der Hilfswelle (4b) ersetzt werden durch ein Paar zylindrischer Magnete (44a) und (44b), wobei der Magnet (44a) fest in einem Ausschnitt der Verbindungsflansche beider Gehäuseschalen (1a) und (2a) positioniert, und der Magnet (44b) fest und formbündig im Drehkolben (4a) ist, außerdem je ein Magnet (41) in den Achsen (8) formbündig im Drehkolben (4a) im Bereich der Gelenkverbindung mit dem Kreiskolben (5) eingesetzt ist, der Drehkolben (4a) durch die magnetischen Kräfte zwischen den beiden Magneten (41) und dem Ringelement (36') und dem Magnetenpaar (44a), (44b) in einer Art Dreipunktlagerung geführt wird und beispielsweise für alle vier Arbeitskammern I bis IV gleichzeitig die Füll- und Förderraten im Betrieb stufenlos und ohne Betriebsunterbrechung in begrenztem Umfang justiert werden können.

36. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß notwendigerweise kein geschlossenes, kugelförmiges Gehäuse erforderlich ist, vielmehr die Lagerung der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und der Hilfswelle (4b) in einem Rahmen beispielsweise aus zwei gebogenen T-Profilen (45a) und (45b) erfolgt, die Arbeitskammern I bis IV aus flexiblen, laternenförmigen Faltenbälgen (46) beispielsweise in Kugelform gebildet werden, die beidseitig zwischen den Drehkolben (3a), (4a) und dem Kreiskolben (5) angeordnet und mit diesen formbündig, kraftschlüssig und abgedichtet verbunden sind, wobei sich die Inhalte der von den Faltenbälgen (46) umschlossenen Arbeitskammern I bis IV bei einer vollen Umdrehung der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) derart ändern, daß jede der vier Arbeitskammern beispielsweise für eine Pumpenversion einmal gefüllt und einmal ausgeblasen wird.

37. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß beispielsweise für eine Pumpenversion das Füllen und Fördern über mit den hohlen Drehkolben (47) verbundenen Hohlwellen erfolgt, die wiederum über ein Flatterscheiben-Ventilsystem mit den Arbeitskammern in Verbindung stehen, im einzelnen die hohlen Drehkolben (47) aus zwei Seitenteilen (47a) mit integrierten Beschlagteilen (47b) für die Gelenkverbindungen mit dem Kreiskolben (5) sowie dem Stirnteil (47c) besteht, die Seitenteile (47a) mit den Anschlußflanschen (46a) der Faltenbälge (46) verbunden sind, zu denen in den Seitenteilen (47a) angebrachte Öffnungen (47d) führen, im Inneren der Drehkolben (47) Trennwände (47d), (47e) und (47f) in der Weise angeordnet sind, daß sie voneinander getrennte Vorkammern bilden, die mit AI, AII, B und C bezeichnet sind, von außen kommend zwei ineinanderliegende Hohlwellen (48a) und (48b) mit dem Drehkolben (47) verbunden sind, und zwar die Hohlwelle (48a) mit dem Stirnteil (47c) und die Hohlwelle (48b) mit der Trennwand (47d), jedoch durchgesteckt, anordnungsgemäß je zwei Flatterscheiben-Ventile (23) in den Trennwänden (47d)

und (47e) sowie ein Lochkreis (47g) im Stirnteil (47c) zwischen den beiden Hohlwellen (48a) und (48b) vorgesehen sind, wodurch es möglich ist, die Füll- und Fördervorgänge beispielsweise in den Arbeitskammern I und II über die Hohlwelle (48b), bzw. über den Ringkanal (49) zwischen den Hohlwellen (48a) und (48b) zu bedienen, dabei besorgt der Ringkanal (49) die Füllvorgänge und die Hohlwelle (48b) die Fördervorgänge, analog zur Hohlwellenpaar-Lösung für die Arbeitskammern I und II auch die Hilfswelle (4b) durch ein Hohlwellenpaar für die Arbeitskammern III und IV zu ersetzen und der Drehkolben (4a) zu einem Hohlkolben umzugestalten ist, schließlich sind beide Hohlwellenpaare in an sich bekannter Weise mit drehbaren Anschlußarmaturen zu versehen und entsprechend zu versorgen und zu entsorgen.

38. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß sie in unterschiedlicher Weise mit einer anderen Kardandrehkolbenmaschine oder mehreren anderen gleicher oder unterschiedlicher Bauart und mit unterschiedlicher Verwendung kombiniert werden kann, um damit ein Höchstmaß an Vielseitigkeit und Flexibilität für die Vielzahl möglicher individueller Einsatzbedingungen zu schaffen, wozu beispielhaft einige typische Kombinationen in den Fig. 17 bis 17g dargestellt sind.

39. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Kardandrehkolbenmaschinen — ein komplettes Aggregat mit (50) bezeichnet — mit ihrer Hilfswelle (4b) durch eine Kupplung (51) drehmechanisch miteinander unter Berücksichtigung der kardankinematischen Gesetzmäßigkeiten derart miteinander verbunden sind, daß die Antriebs-/Abtriebswellen beider Aggregate (50) synchron mit konstanten Winkelgeschwindigkeiten umlaufen und deswegen Kopplungen mehrerer Aggregate (50) vorzugsweise paarig auszuführen sind.

40. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 38 und 39, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehrere Paare von Kardandrehkolbenmaschinen (50) über ein Getriebe mit den Rädern (52) und (53) und der gemeinsamen Antriebs-/Abtriebswelle (54) verbunden sind.

41. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 38 und 39, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehrere Paare von Kardandrehkolbenmaschinen (50) über ein Getriebe mit zwei Rädern (52) anordnungsgemäß gemeinsam auf die verlängerte Antriebs-/Abtriebswelle (3b) einer Kardandrehkolbenmaschine (50) wirken.

42. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Aggregate (50) in linearer Weise drehmechanisch durch Kupplungen (51) verbunden sind.

43. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 26 und 38 bis 41, dadurch gekennzeichnet, daß alternativ zur Lage der Trennebene (6) zwischen den kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) gemäß Anspruch 4 diese mit den zugehörigen Verbindungsflanschen und Verschraubungen in die gemeinsame Achsmittenebene der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und der Hilfswelle (4b) gelegt wird, wodurch ebenfalls zwei formidentische Gehäuseschalen (1a') und (2a') entstehen, die abgesehen von weiteren individuellen Bearbeitungen und Anbau-

ten fertigungstechnische und wirtschaftliche Vorteile bedeuten.

44. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 26 und 38 bis 41, dadurch gekennzeichnet, daß durch einfaches gegeneinander Verdrehen der auf der Trennebene (6) zusammengefügt, formidentischen, kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) jeder gewünschte Spreizwinkel zwischen der Antriebs-/Abtriebswelle (3b) und der Hilfswelle (4b) eingestellt und beispielsweise durch eine Verschraubung (6a) fixiert werden kann, wobei die Einstellbarkeit in Abhängigkeit des jeweilig geplanten Einsatzprofils und in kostengünstigster Weise realisiert, stufenlos von Null bis zum maschinenseitig maximal möglichen Spreizwinkel reicht und schließlich die Einlaß- und Auslaßöffnungen (19) und (20) wiederum abhängig von dem jeweils gewählten und fixierten Spreizwinkel in günstigster Weise in den formidentischen Gehäuseschalen (1a) und (2a) plaziert werden können.

45. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschraubung (6a) der Gehäuseteile (1a) und (2a) mit eng tolerierten Langlöchern versehen ist, die es ermöglichen, die Kardandrehkolbenmaschine am Einsatzort unter Betriebsbedingungen zusätzlich in begrenztem Maße zu justieren, indem nur die Gehäuseteile (1a) und (2a) innerhalb des Freiheitsgrades der Langlöcher gegeneinander beispielsweise manuell oder ferngesteuert mit einem Hilfsantrieb verdreht werden, wobei die Einlaß- und Auslaßöffnungen (19) und (20) in an sich bekannter Weise flexibel mit den korrespondierenden Rohrsystemen zu verbinden sind.

46. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8 und 11 bis 22 und 24 bis 31 und 43, dadurch gekennzeichnet, daß in ein und demselben Aggregat beispielsweise eine Verbrennungsmaschine mit einer Kompressionsmaschine verbunden sind, wobei die Arbeitskammern I und II für die Verbrennungsmaschine, die Arbeitskammern III und IV für den Kompressor verwendet werden und diese beispielhafte Kombination als eine aufgeladene zweizylindrige Zweitakt-Verbrennungsmaschine arbeiten kann.

47. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 38 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß zwei und mehr Aggregate (50) in einer integralen Bauweise zusammengefügt und kombiniert sind und beispielsweise über eine gemeinsame Hilfswelle (4b) drehmechanisch und über einen zylinderförmigen, offen oder geschlossen ausgeführten Adapter (55) gehäusemäßig miteinander verbunden sind.

48. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennebene (6) der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) derart angeordnet ist, daß der zylinderförmige Adapter (55') parallel zueinander liegende Verbindungsebenen hat.

49. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 47 und 48, dadurch gekennzeichnet, daß zwei und mehr Aggregate (50) baulängenverkürzt in einem gemeinsamen Gehäuse integriert sind, das aus Gehäuseschalen (1a') und (2a') besteht, deren Trennebene (6) in der gemeinsamen Achsebene der Antriebs-/Abtriebswellen (3b) liegt, die beiden Drehkolben (4a) zu einem gemeinsamen Drehkolben (4a') vereinigt sind, wodurch diese Variante einer

Kardandrehkolbenmaschine zwei weitere Arbeitskammern V und VI erhält, das sind insgesamt sechs Arbeitskammern, wobei die Arbeitskammern V und VI konstruktiv kleiner als, gleich groß wie oder auch größer als die Arbeitskammern I bis IV gestaltet werden können.

50. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß die originären Hälften des integrierten Drehkolbens (4a') anordnungsgemäß um einen zylindrischen Abschnitt beispielsweise für eine zusätzliche Lagerung und auch die gemeinsamen Gehäuseschalen (1a') und (2a') und einen entsprechenden Betrag erweitert sind, wodurch die Arbeitskammern VII und VIII entstehen und somit insgesamt also acht Arbeitskammern in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sind, mit gleichsinnigen Arbeitstaktpaaren für die Arbeitskammern I, III und II, IV, diese jedoch um 90° gegenüber den gleichsinnigen Arbeitstaktpaaren V, VII und VI, VII, versetzt.

51. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, daß der zylindrische Abschnitt derart vergrößert wird, daß eine damit zwischen den Lagerstellen integriertes Verbindungselement (4a'') als Interface beispielsweise für einen Elektromotor genutzt werden kann mit der weiteren Möglichkeit, diesen in das gleiche Gehäuse mit zu integrieren.

52. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8, 11 bis 21, 27 bis 35 und 38 bis 51, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäuseschalen (1a), (2a), (1a') und (2a') in an sich bekannter Weise mit Kühlrippen versehen sind oder für eine Wasserkühlung mit Kühlschlangen umgeben oder doppelwandig ausgeführt sind.

53. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 8, 11 und 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß diese nach dem an sich bekannten Prinzip des Stirling-Motors arbeitet und bei der Wärmekraftkopplung eingesetzt werden kann, wenn die Drehkolben (3a), (4a) und der Kreiskolben (5) mit schleifenden Dichtungen gegeneinander und gegenüber dem Inneren der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a') und (2a') versehen sind, um einen Druckausgleich der in den Arbeitskammern I bis IV befindlichen Medien zu verhindern, und die Gehäuseschalen kugelkalottenförmige Kühlzonen (56b) und Heizzonen (57b) haben, die voneinander durch eine zentrale Zone getrennt sind.

54. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, daß die begrenzenden, kreisförmigen Ebenen (56a) und (57a) der Kugelkalotten (56b) und (57b) hinsichtlich des theoretischen Mindestwertes vorteilhafterweise bestimmt werden durch die paarweise Zuordnung der unteren Schnittpunkte der Achsen (7) und (8) mit den Konturen der Drehkolben (3a) und (4a) zur Ebene (56a) und durch die paarweise Zuordnung der oberen Schnittpunkte der Achsen (7) und (8) mit den Konturen der Drehkolben (3a) und (4a) zur Ebene (57a).

55. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 53 und 54, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verminderung des Wärmeübergangs von Gehäuseschale (1a') zur Gehäuseschale (2a') und umgekehrt, sowie zum Abdichten eine Dichtung (6c) zwischen beiden Gehäuseschalen angeordnet ist.

56. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 53 bis 55, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsflansche der kugelförmigen Gehäuseschalen (1a') und (2a') derart breit dimensioniert sind, um gleichzeitig als trennender Schirm oder als Teil einer Trennwand zwischen den Heiz- und Kühl-Bereichen fungieren können.

57. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 3 und 36, dadurch gekennzeichnet, daß diese ebenfalls nach dem an sich bekannten Prinzip des Stirling-Motors und bei der Wärme-/Kraftkopplung eingesetzt werden kann, wenn dafür gesorgt wird, daß sich die Faltenbälge (46), aus geeignetem Material gefertigt, ohne Schaden zu nehmen durch heizende und kühlende Medienbereiche bewegen können, die analog den kalottenförmigen Heiz- bzw. Kühlzonen gemäß Anspruch 53 angeordnet sind.

58. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 57, dadurch gekennzeichnet, daß keine hohlen Drehkolben (3a) und (4a) und keine Hohlwellen (48a) und (48b) erforderlich sind.

59. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 27, 28 und 31, dadurch gekennzeichnet, daß auch diese Alternative nach dem an sich bekannten Prinzip des Stirling-Motors und bei der Wärme-Kraftkopplung eingesetzt werden kann, wenn die erforderlichen Heiz- und Kühlzonen, die besonderen konzeptionellen Bedingungen dieser Alternativen berücksichtigend, wie in Fig. 23b bis 23d beispielhaft, aber das Prinzip zeigend, angeordnet werden.

60. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 59, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäuseschalen (1a'') und (2a'') nicht durch eine Flanschverbindung miteinander verschraubt werden, sondern statt dessen durch in Taschen eingesetzte Paßbolzen (6a''), damit die Oberfläche des gesamten Gehäuses möglichst ebenmäßig und demzufolge günstiger für die Anordnung und Wirkung der Heiz- und Kühlflächen gestaltet ist.

61. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 59 und 60, dadurch gekennzeichnet, daß statt der bisher im Bereich der Gehäuseschalenwandungen angeordnete Führungen des Kreiskolbens (5a'') nunmehr durch ein im Kugellinnenraum der Gehäuseschalen (1a'') und (2a'') fixiert angeordnetes Führungssystem ersetzt ist.

62. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 59 bis 61, dadurch gekennzeichnet, daß das im Kugellinnenraum der Gehäuseschale (1a'') und (2a'') fixiert angeordnete Führungssystem aus einem Kugelelement besteht, das aus den miteinander verschrauben Kugelhälften (63a) und (63b) gebildet wird und dabei eine Ringnut (64) entsteht, in der das in den Achslagen 8/8 mit Zapfen versehene Ringelement (65) mit kleinstem Spiel umlaufen kann und dadurch die gelenkige Führung des Kreiskolbens (5a'') bewirkt wird.

63. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 59 bis 62, dadurch gekennzeichnet, daß das aus den Teilen (63a) und (63b) durch die Verschraubung (63c) zusammengefügte Kugelelement durch die Achse (62) exakt im Mittelpunkt des Kugelgehäuses fixiert wird, indem diese mit dem Kugelelement dreh sicher durch ein Vierkant verbunden und axial mit einem Stift (62b) gesichert ist und von außen mit Schrauben (62a) an beide Gehäuseschalen (1a'') und (2a'') angeschraubt ist, wobei sich der Drehkolben (3a'') mit seiner Bohrung (3b'') auf der Achse (62) abstützen kann.

64. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 31 und 59 bis 63, dadurch gekennzeichnet, daß auch diese Variante, in entsprechender Weise ausgestattet wie in Anspruch 31 aufgezeigt, neben der Verwendung nach dem Stirling-Verfahren auch als 5 Pumpe, Expansions-, Kompressions- oder als Verbrennungsmaschine nach dem Otto- oder Dieselverfahren eingesetzt werden kann.

65. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 59 bis 63, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäuseschalen (1a'') und (2a''), durch in Taschen eingesetzte Paßschrauben (6a'') miteinander verbunden, in einem offenen Rahmen aus T-Profilteilen (45a') und (45b'), die bei (45c') verschraubt sind, freidrehend montiert sind, wobei die Antriebswelle (3b''), 15 mit Schrauben (62a) an beiden Gehäuseschalen drehfest angebracht, im Rahmenteil (45a') gelagert ist, und gegenüberliegend die Achse (62), mit Schrauben (62a) am Rahmenteil (45b') befestigt, das Lager bildet für den Drehkolben (3a''), der durch die Verschraubung (66b) fest und dichtend mit beiden Gehäuseschalen (1a'') und (2a'') zusammengefügt ist und gemeinsam mit ihnen umlaufen kann. 20

66. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 1 bis 5, 8, 11, 22, 24, 25, 53, 54 und 59, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumina ihrer Arbeitskammern während des laufenden Betriebs stufenlos von Null bis zu einem maschinenspezifischen Maximalwert geändert werden können. 25

67. Kardandrehkolbenmaschine nach Anspruch 66, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumina ihrer Arbeitskammern während des laufenden Betriebs entweder von Hand oder automatisch, durch die aktuellen Betriebsparameter geregelt, verändert 30 werden können.

68. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 66 und 67, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennebene (6) der beiden kugelförmigen Gehäuseschalen (1a) und (2a) vorzugsweise senkrecht zur Mittelachse (3b) der Antriebs-/Abtriebswelle (71) gelegt ist und diese, in dem mit der Gehäuseschale (1a) verbundenen Lagerrohr (72) in den Lagern (73a) und (73b) drehbar gelagert und gegenüber dem Kugellinnenraum abgedichtet, innen mit dem Drehkolben (3a) und außen mit dem Zahnrad (74) zur Kraftübertragung fest verbunden ist. 40

69. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 66 bis 68, dadurch gekennzeichnet, daß im Zentrum des Kugelgehäuses ein aus zwei halbkugelförmigen Teilen (63a') und (63b') bestehendes Kugelelement fest positioniert ist, indem nur das Teil (63a') fest mit der Hohlachse (62') verbunden ist und sich die Hohlachse (62') innenseitig mit dem Lager (75) am Ende der hohlen Antriebs-/Abtriebswelle (71) abstützen kann und außenseitig fest mit der Traverse (76b) verschraubt ist, die ihrerseits über die Schraubverbindung (76c) an der mit der Gehäuseschale (1a) und dem Lagerrohr (72) festgemachten Rahmenkonstruktion (76a) angeschlossen ist. 45

70. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 66 bis 69, dadurch gekennzeichnet, daß das halbkugelförmige Teil (63b'), des Kugelements mit der Schraubverbindung (77) drehbar an der anderen Hälfte, Teil (63a'), montiert und abbildungsgemäß mit dem Zapfen (78) geschwenkt und damit bei laufender Maschine der Spreizwinkel zwischen den beiden Drehkolbenachsen stufenlos verändert wer- 50

den kann.

71. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 66 bis 70, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwenkvorgang von Hand, automatisch, elektrisch, mechanisch, hydraulisch, pneumatisch oder in Kombinationen davon entweder von außen und/oder aus dem Kugelelement im Gehäuseinneren heraus bewirkt werden kann, wozu beispielhaft eine Servosteuerung (79) mit hilfswieser Handbedienung an der Traverse (76b) montiert ist, in die von außen kommend die Steuer-, Betriebs- und Versorgungsleitungen (80) hineinführen.

72. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 66 bis 71, dadurch gekennzeichnet, daß beispielhaft eine mechanische Lösung für den Schwenkmechanismus im zentralen Kugelelement in einem zylinderförmig aus dem Teil (63a') herausgearbeiteten Arbeitsraum (82) untergebracht ist, der durch eine in der Ringnut (81) zwischen den beiden Teilen (63a') und (63b') liegenden Dichtung (82) abgedichtet wird und in den der halbmondförmige Mitnehmerarm (84) hineinragt, der mit Paßstiften (84c) an dem darüberliegenden Kugelement-Teil (63b') verbunden ist, der Mitnehmerarm (84) abbildungsgemäß mit zwei Ösen (84a) und (84b) ausgestattet ist, wobei in die Öse (84a) das Ende eines Bowdenzugs (85), in die Öse (84b) eine Zugfeder (86) mit dem Zapfen (87) als Konterpunkt eingehängt ist, wodurch in endmontiertem Zustand das Kugelement-Teil (63b) mit dem angearbeiteten Zapfen (78) durch Betätigung des Bowdenzugs (85) von außen über die Servosteuerung (79) gegen die Federkraft stufenlos geschwenkt werden kann.

73. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 66 bis 72, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegliche Kugelement-Teil (63b') mit dem angearbeiteten Zapfen (78) vorzugsweise für die normale Betriebsposition unter Bowdenzug und gegen die Federkraft bis an die entsprechende Endlage geschwenkt und damit eindeutig fixiert sein soll.

74. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 66 bis 71, dadurch gekennzeichnet, daß beispielhaft eine hydraulische Lösung für den Schwenkmechanismus statt der Hohlachse (62') eine massive, feststehende Innenachse (62'') besitzt, die über den Schraubzapfen (77') drehbar mit dem einteiligen Kugelement 63 verbunden ist, das den Zapfen 78 besitzt, das Kugelement (63) mit einer Ausnehmung (89) ausgestattet ist, in der sich das abgeflachte Ende der Innenachse (62'') mit geringstmöglichem Spiel bewegen kann, die Innenachse (62'') außen mit der Traverse (76b) verschraubt ist und Bohrungen (88a) und (88b) besitzt, die mit den beiden Bälgen (90) in der Ausnehmung (89) verbunden sind, wodurch ein von außen über die Servosteuerung (79) aktiviertes Hydraulik-Medium die Bälge (90) wechselseitig vergrößern und verkleinern kann, was das stufenlose Schwenken des Kugelements (63) um die Schraubzapfen (77') bewirkt.

75. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen 61, 62 und 66 bis 71 und 74, dadurch gekennzeichnet, daß alternativ statt des Zapfens (78) das einteilige Kugelement (63) mit der Ringnut (64) für die Führung des Kreiskolbens (5a'') versehen ist und somit die stufenlose Veränderung der Arbeitskammern-Volumina während des laufenden Betriebs auch für die genannte Alternativausführung einer Kardandrehkolbenmaschine gegeben ist.

76. Kardandrehkolbenmaschine nach Ansprüchen
61 bis 75, dadurch gekennzeichnet, daß sich das
Verhältnis der Arbeitskammern-Volumina zur Ge-
häuseoberfläche bei gleichbleibendem Gehäuse-
durchmesser mit der Größe des im Zentrum des
kugelförmigen Gehäuses angeordneten Kugelele-
ments ändert und es damit auf die jeweiligen indivi-
duellen betrieblichen Erfordernisse angepaßt wer-
den kann.

Hierzu 17 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

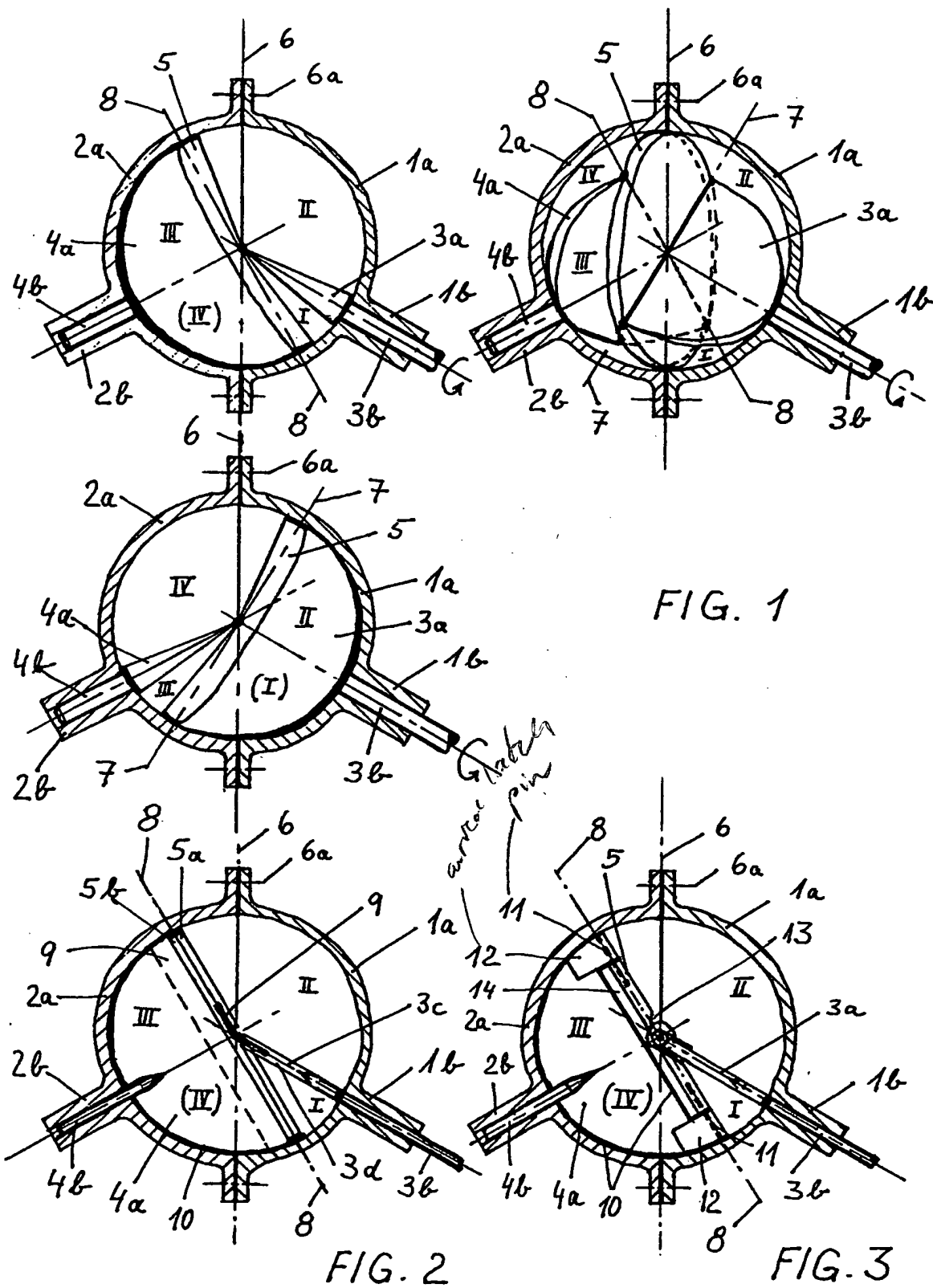
50

55

60

65

- Leerseite -



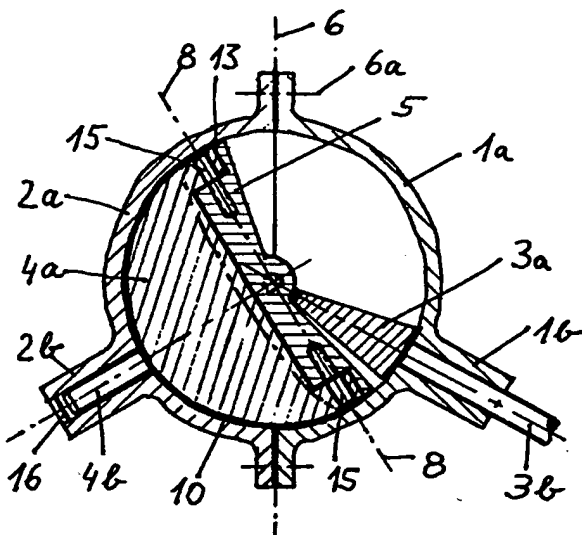


FIG. 4

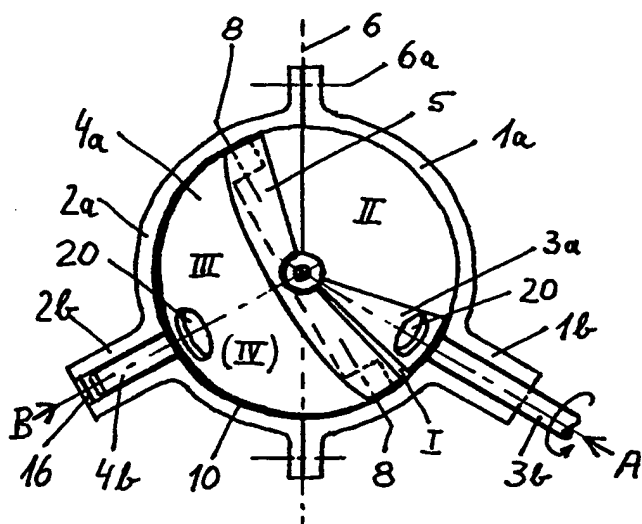


FIG. 5

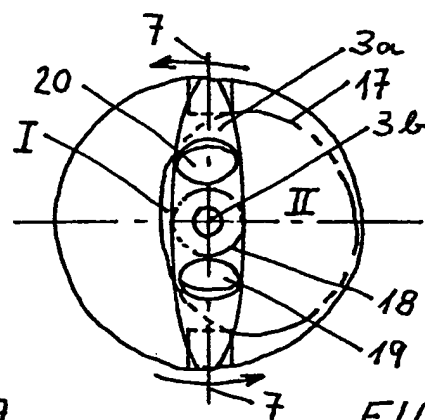


FIG. 5a
ANSICHT A

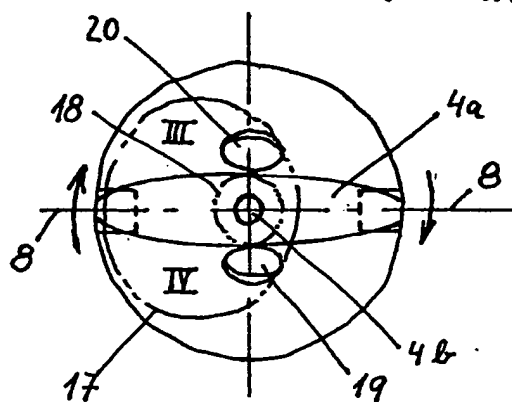


FIG. 5b
ANSICHT B

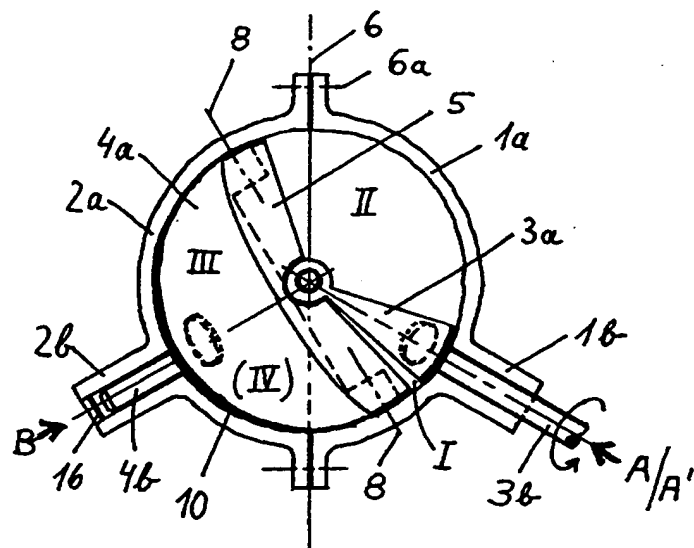


FIG. 6

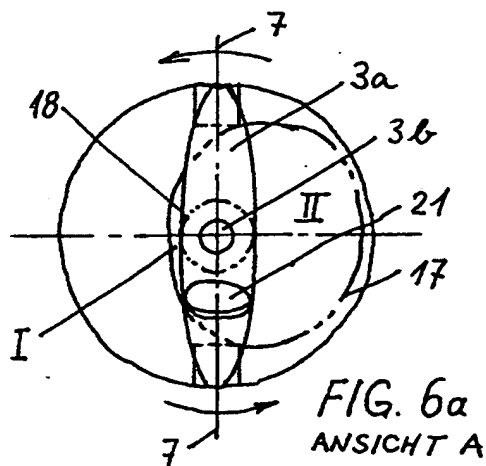


FIG. 6a
ANSICHT A

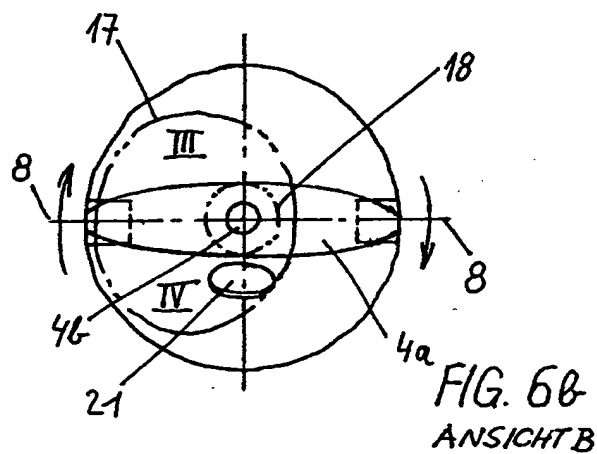


FIG. 6b
ANSICHT B

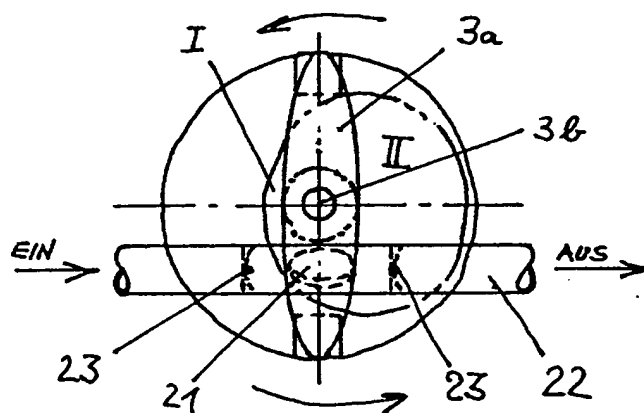


FIG. 6c
ANSICHT A'

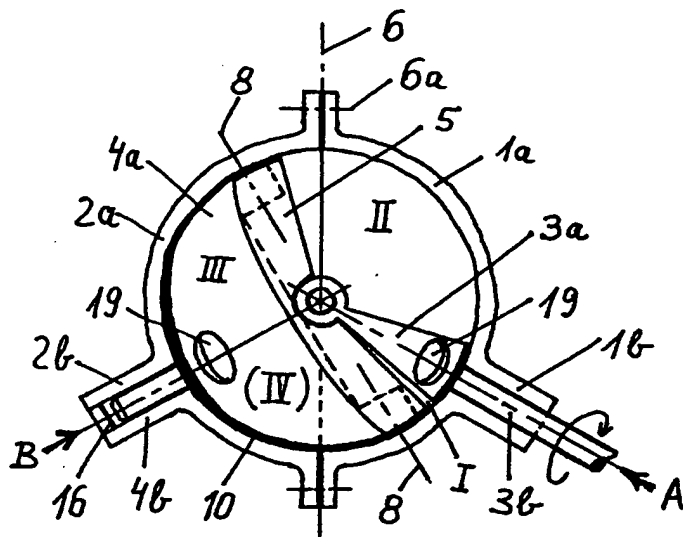


FIG. 7

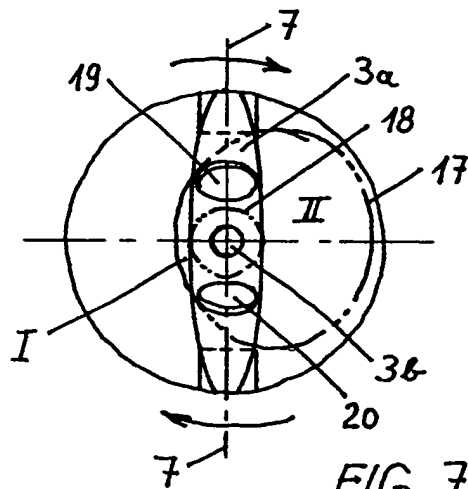


FIG. 7a
ANSICHT A

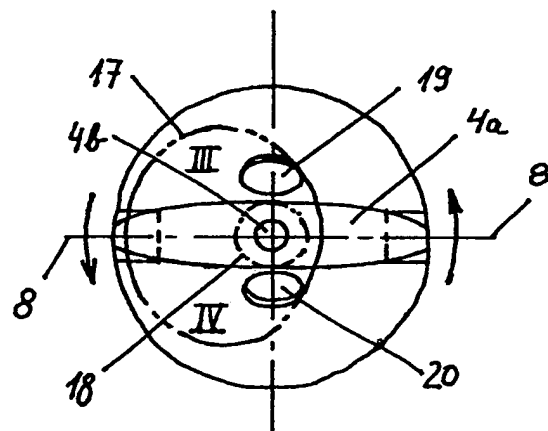


FIG. 7b
ANSICHT B

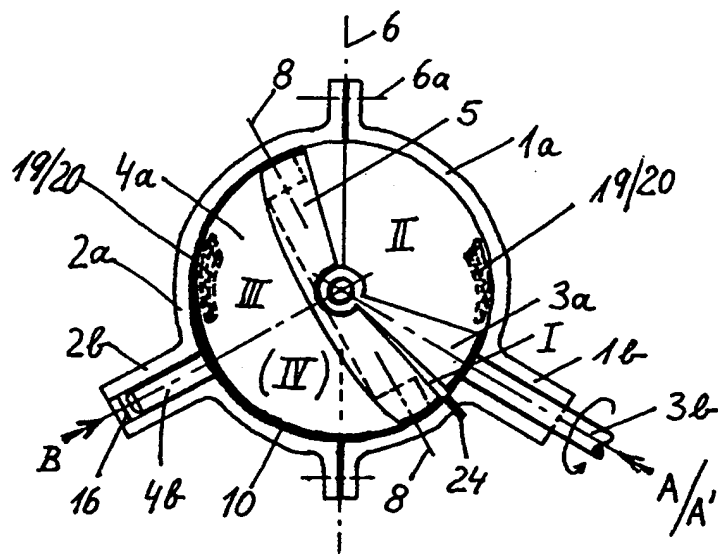


FIG. 8

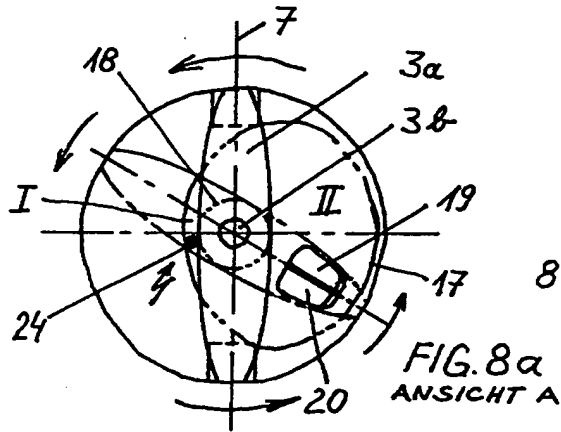


FIG. 8a
ANSICHT A

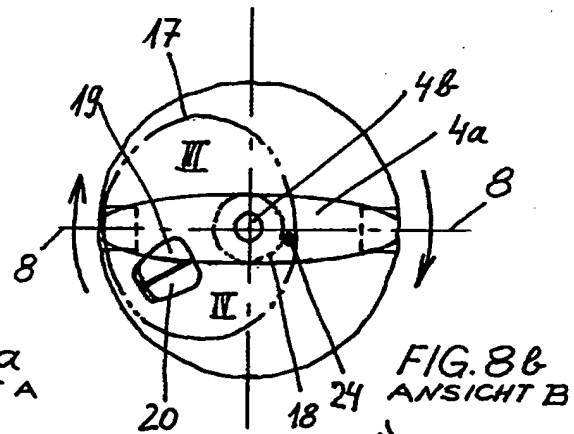


FIG. 8b
ANSICHT B

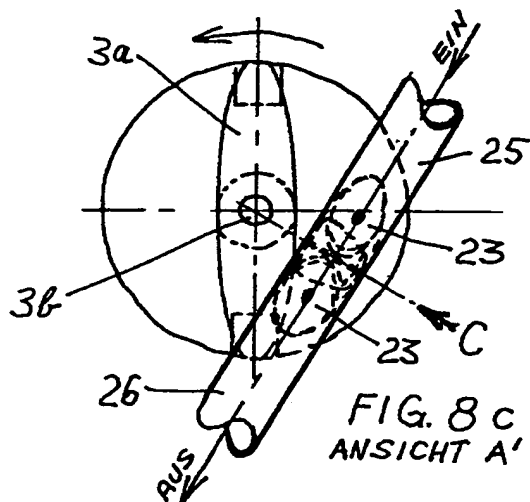


FIG. 8c
ANSICHT A'

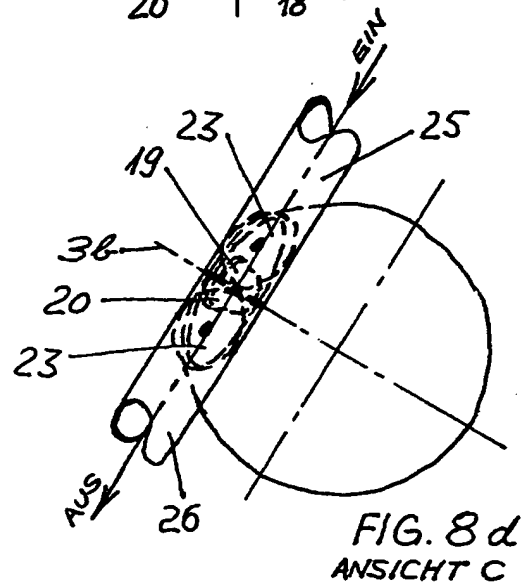


FIG. 8d
ANSICHT C

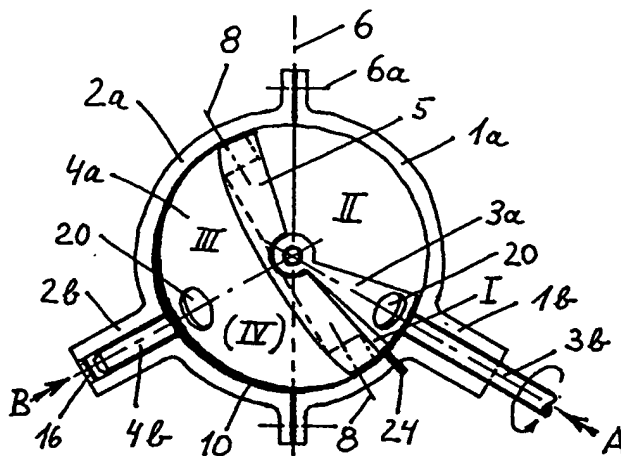


FIG. 9

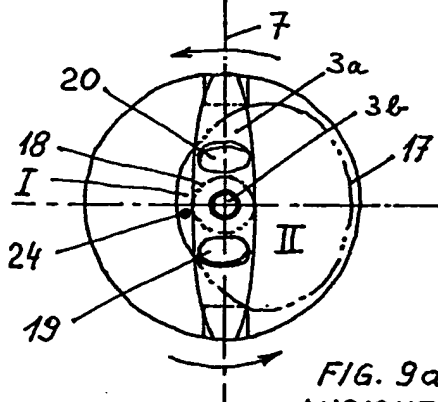


FIG. 9a
ANSICHT A

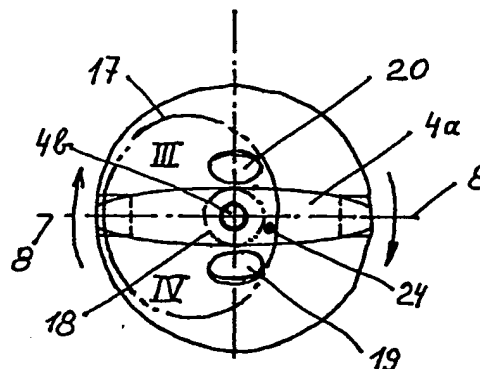
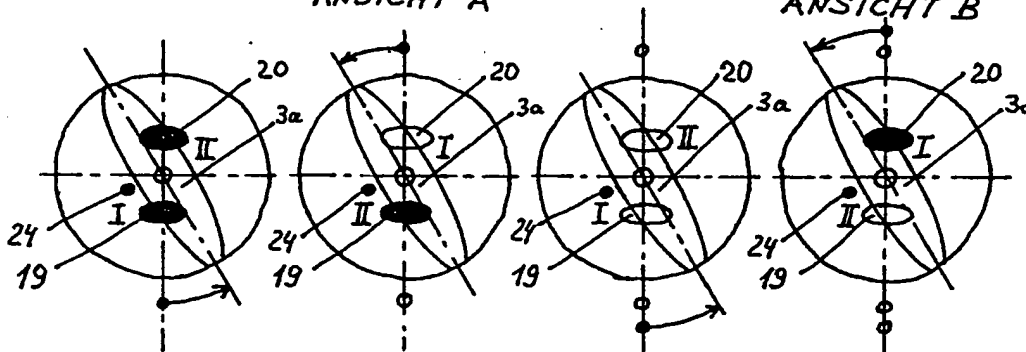


FIG. 9b
ANSICHT B



ϕ°	$000 \div 180$	$180 \div 360$	$360 + 000 \div 180$	$360 + 180 \div 360$
I	19 OFFEN	(OFFEN)	GESCHLOSSEN	(GESCHLOSSEN)
	20 (OFFEN)	GESCHLOSSEN	(GESCHLOSSEN)	OFFEN
II	1: ANSAUGEN	2: KOMPRESSION + $\frac{1}{2}$	3: AUSDEHNUNG = ARBEIT	4: AUSSTOSSEN
	19 (OFFEN)	OFFEN	(GESCHLOSSEN)	GESCHLOSSEN
	20 OFFEN	(GESCHLOSSEN)	GESCHLOSSEN	(OFFEN)
III	4: AUSSTOSSEN	1: ANSAUGEN	2: KOMPRESSION + $\frac{1}{2}$	3: AUSDEHNUNG = ARBEIT

BEMERKUNGEN: ● = OFFEN; ○ = GESCHLOSSEN;
(KLAMMERANGABEN) = UNBEDEUTEND FÜR BETR. KAMMER/TAKT

FIG. 9c

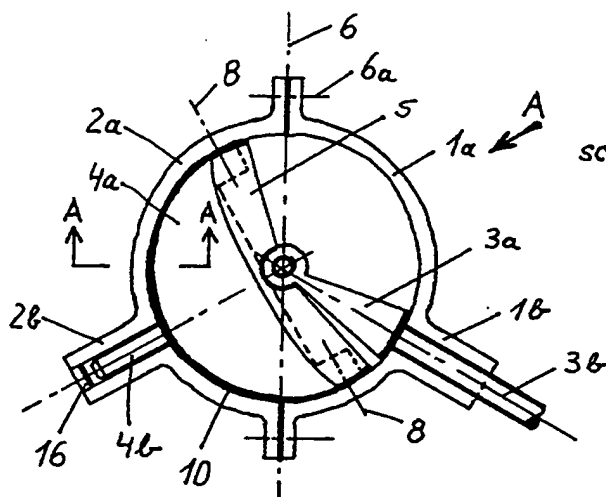


FIG. 10

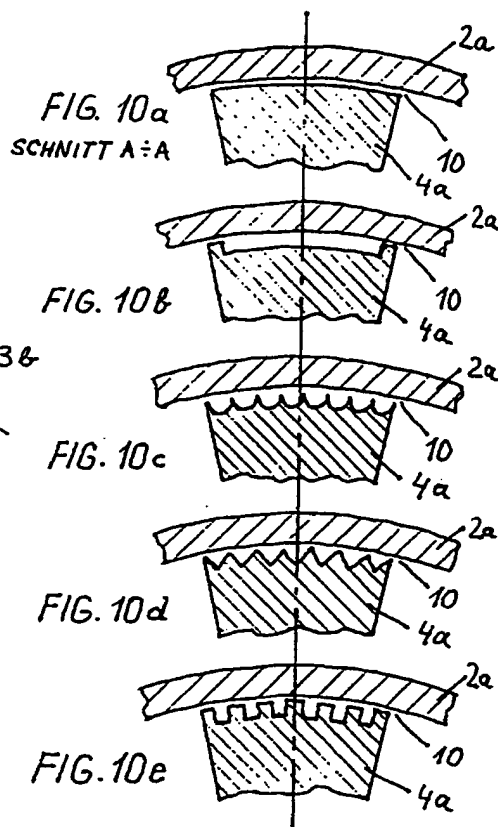


FIG. 10a
SCHNITT A-A

FIG. 10b

FIG. 10c

FIG. 10d

FIG. 10e

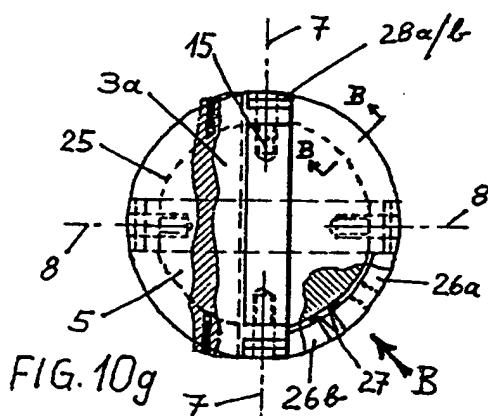


FIG. 10g

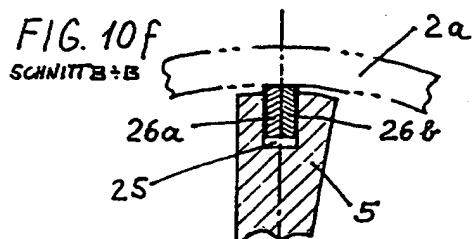


FIG. 10f
SCHNITT B-B

FIG. 10h
ANSICHT B

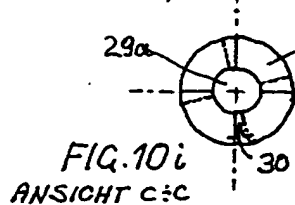
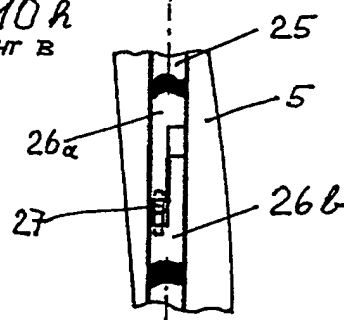


FIG. 10i
ANSICHT C-C

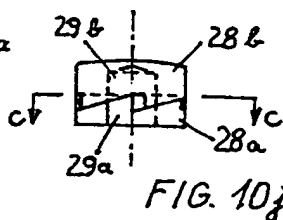


FIG. 10j

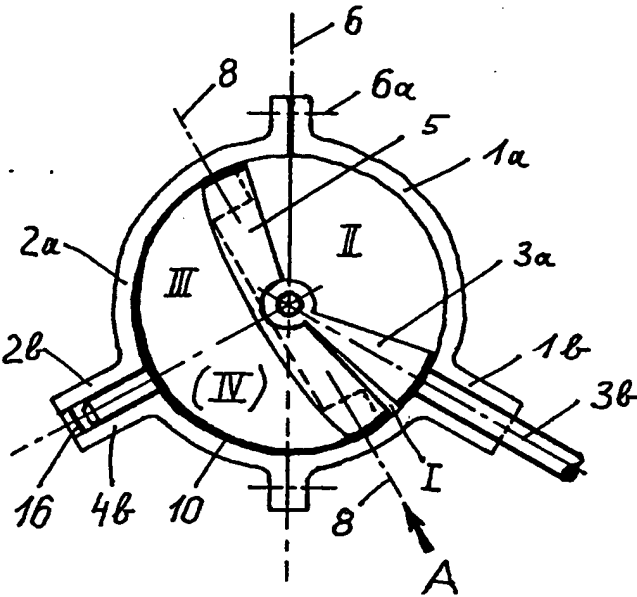


FIG. 11

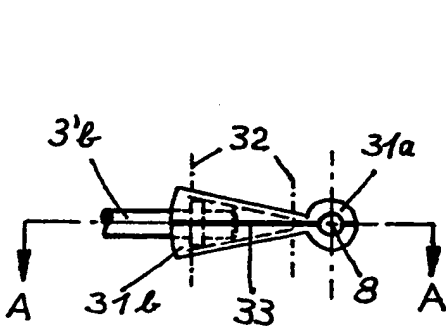


FIG. 11a
ANSICHT A

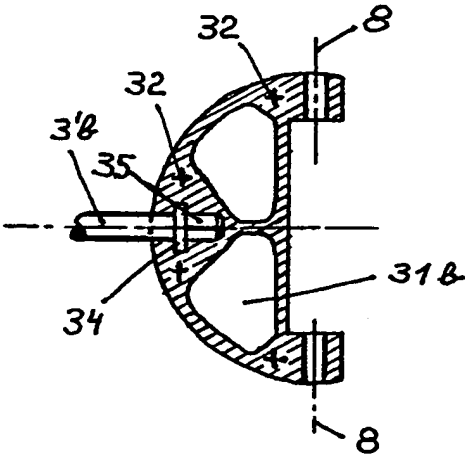


FIG. 11b
SCHNITT A ÷ A

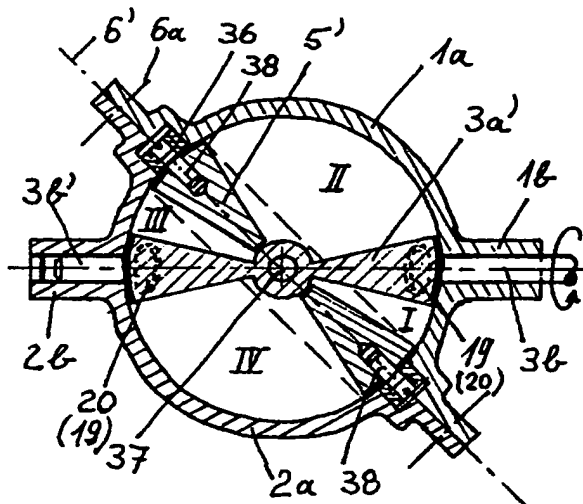


FIG. 12

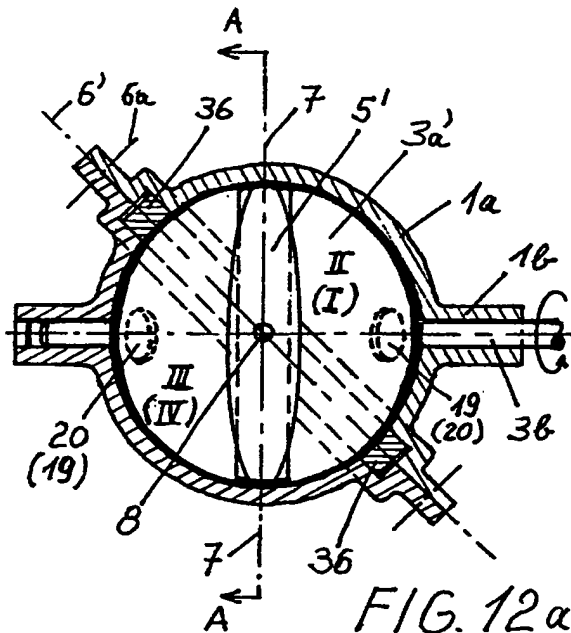


FIG. 12a

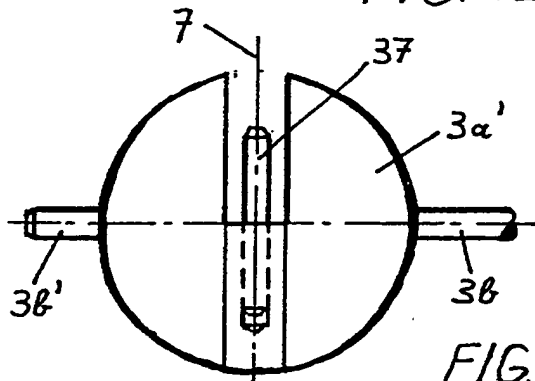


FIG. 12b

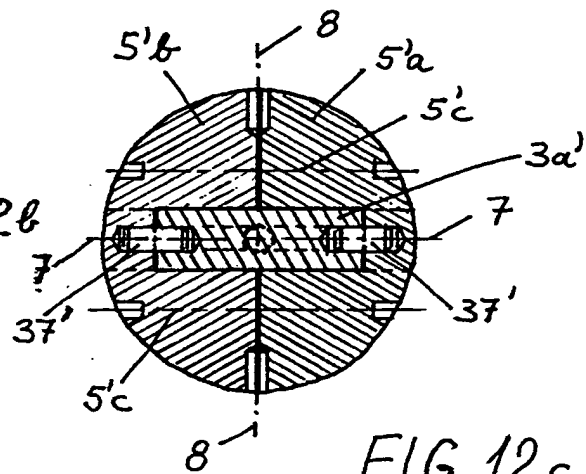
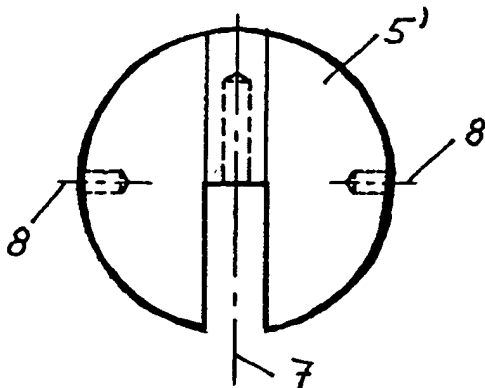


FIG. 12c
SCHNITT A ÷ A

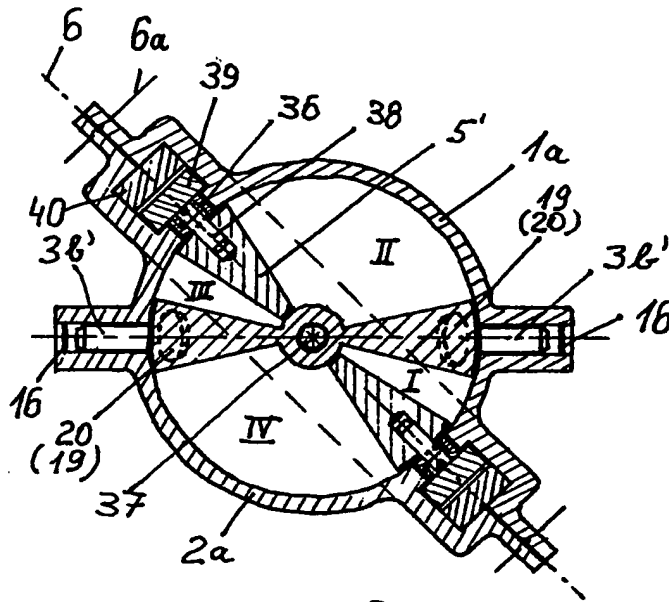


FIG. 13

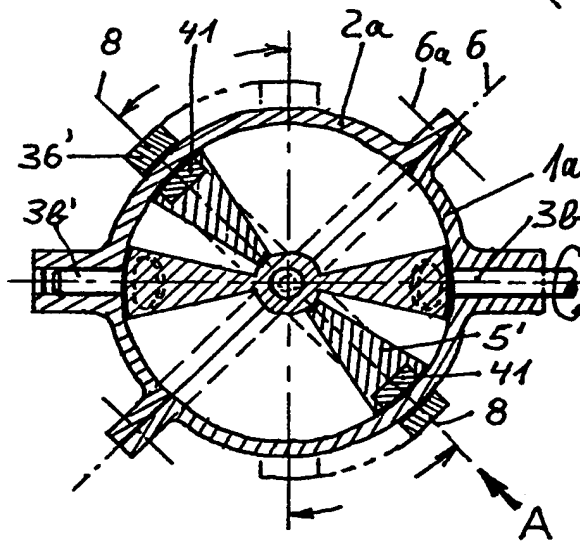


FIG. 14

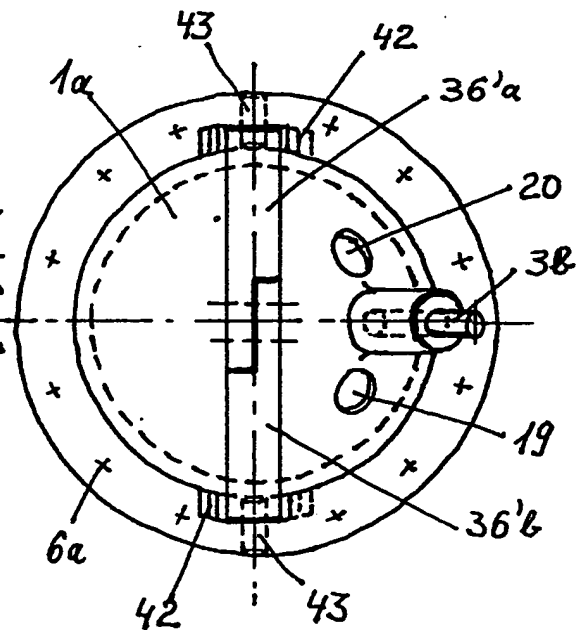
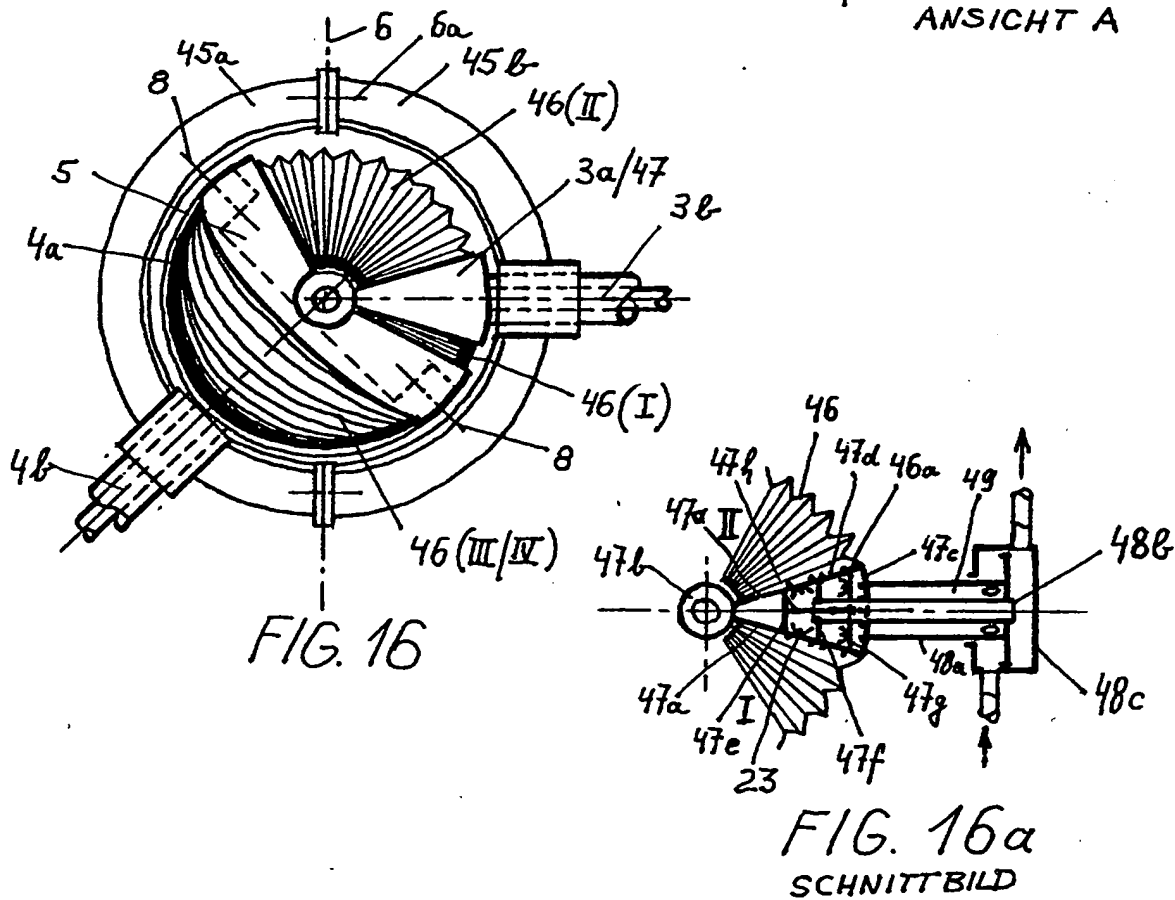
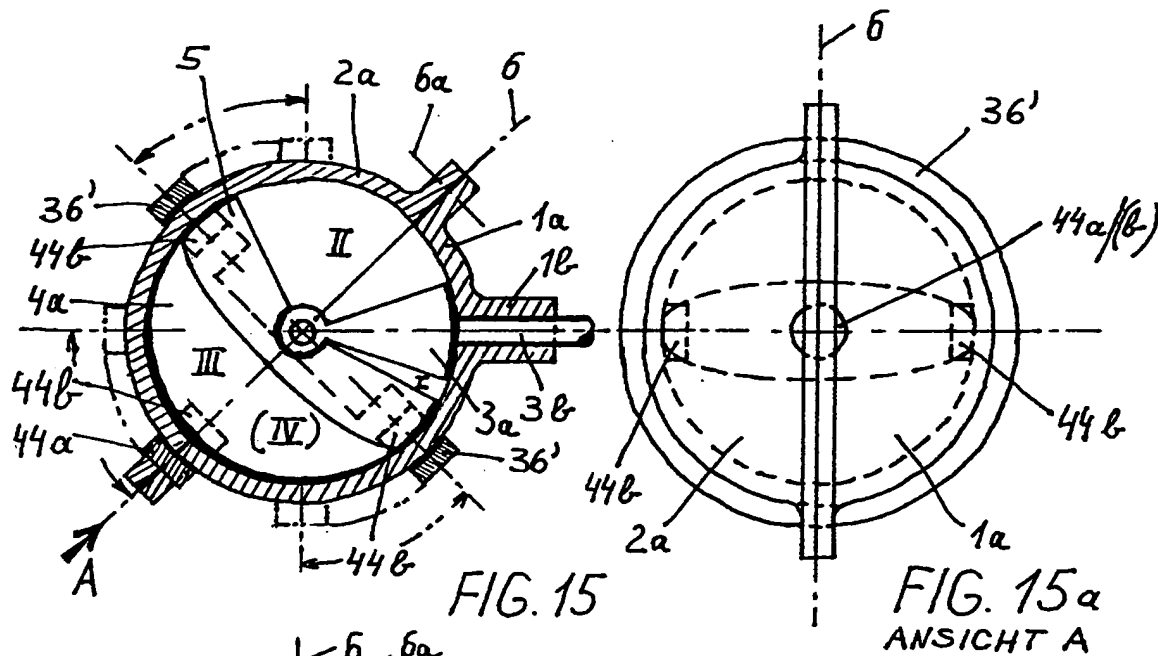
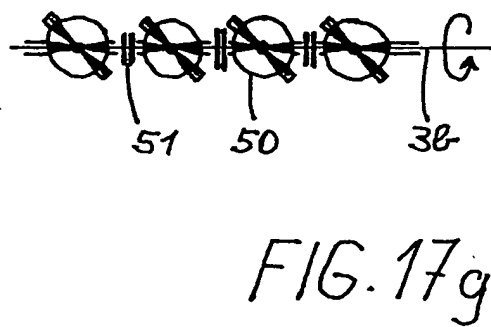
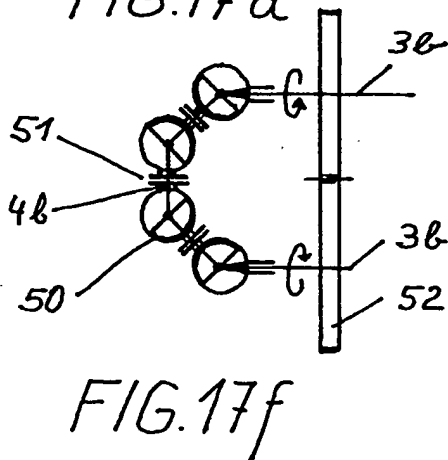
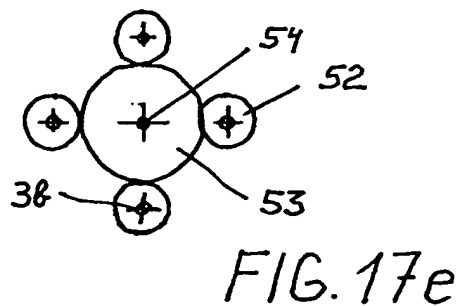
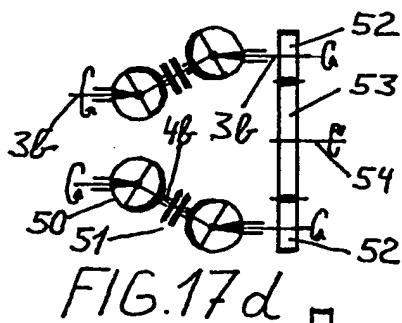
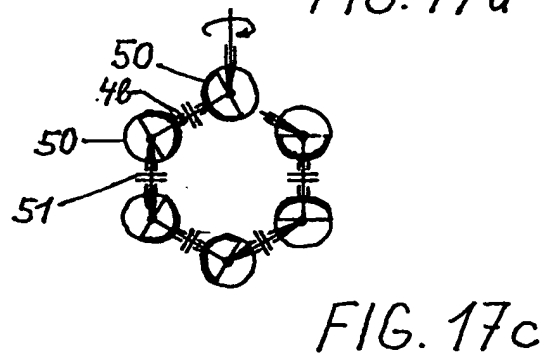
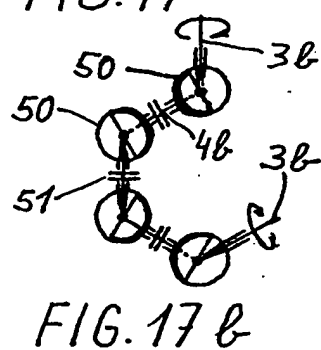
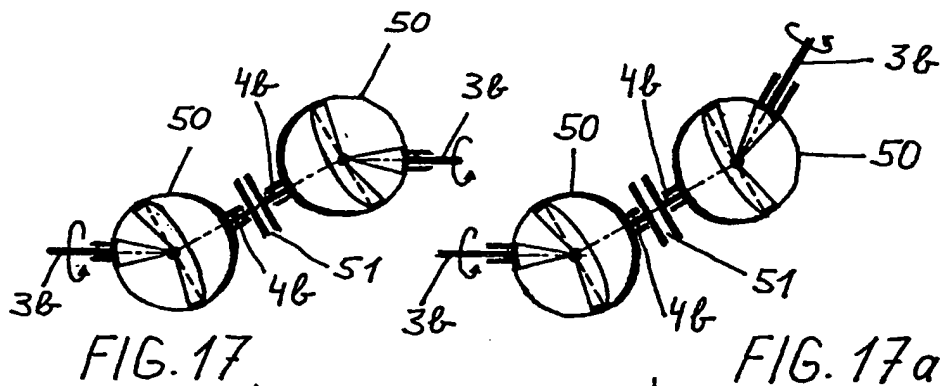
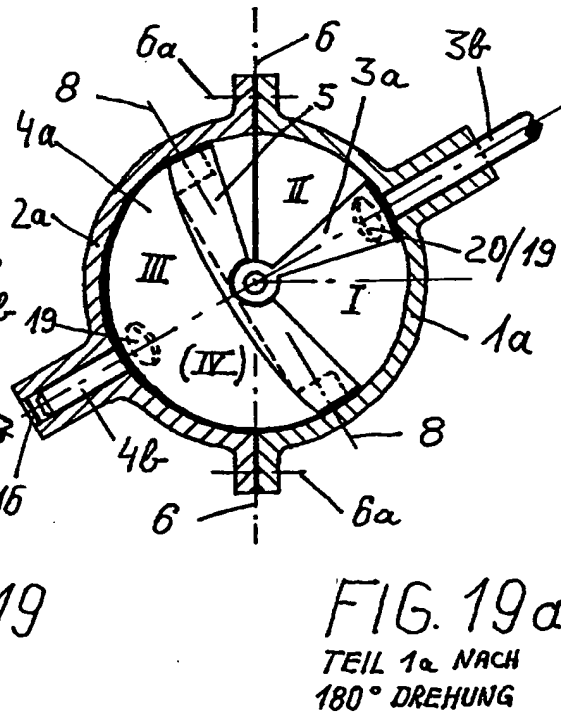
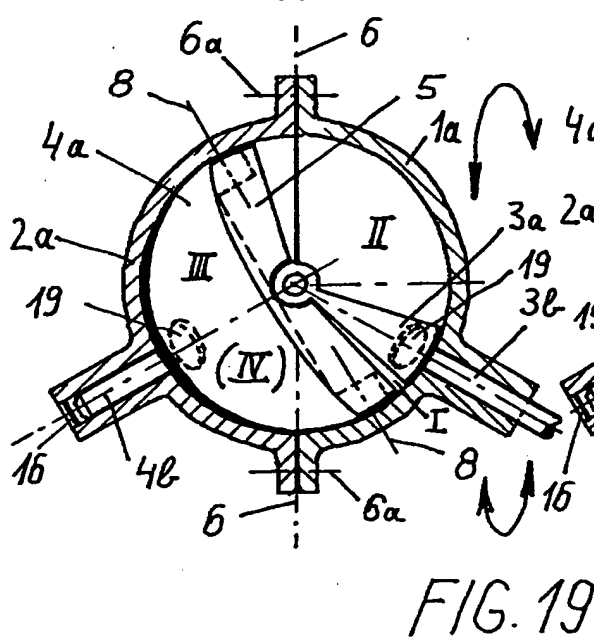
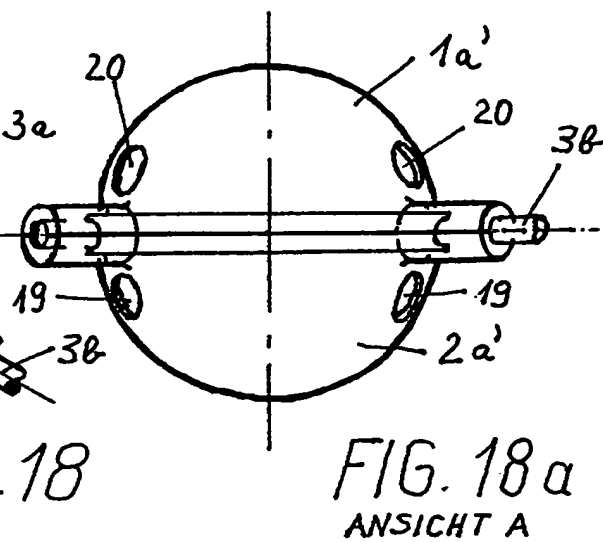
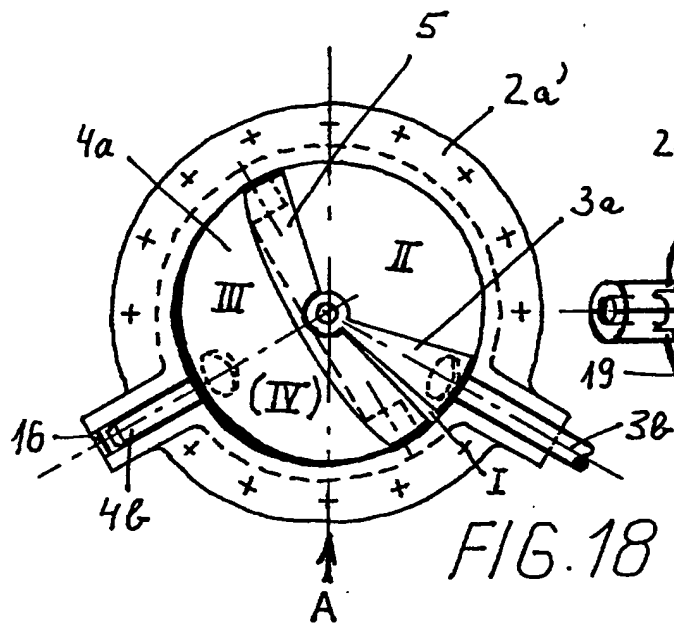


FIG. 14a
ANSICHT A







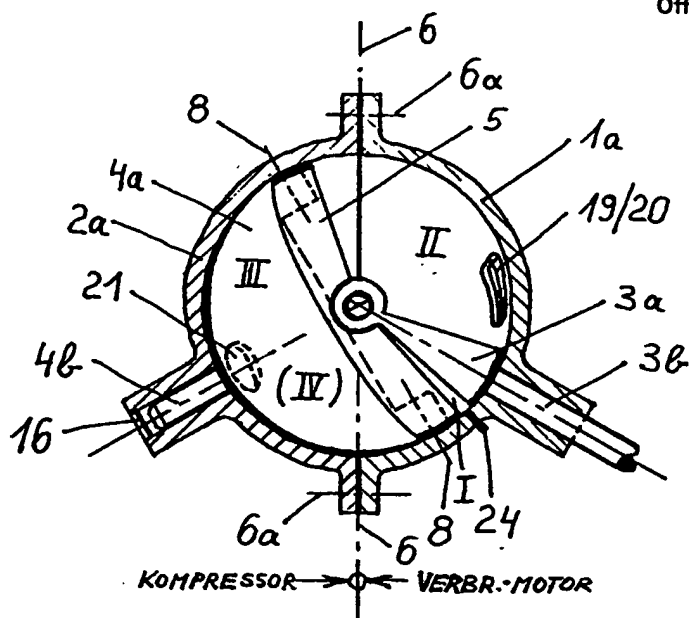


FIG. 20

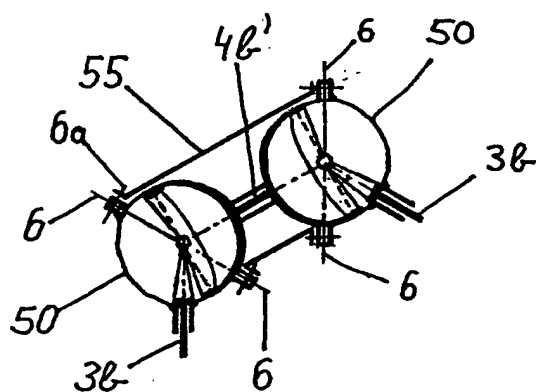


FIG. 21a

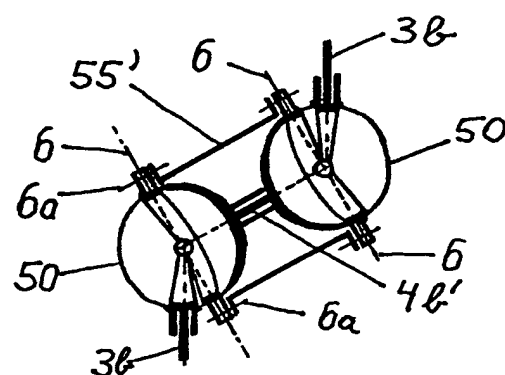


FIG. 21b

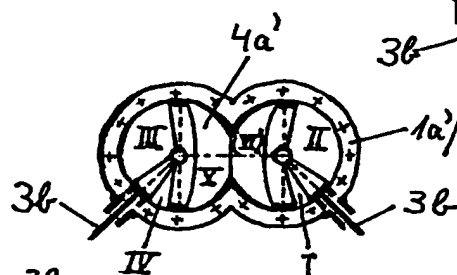


FIG. 21c

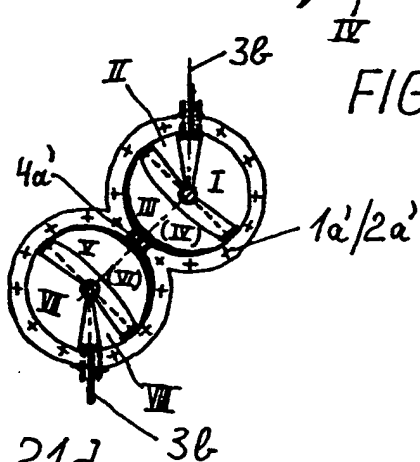


FIG. 21d

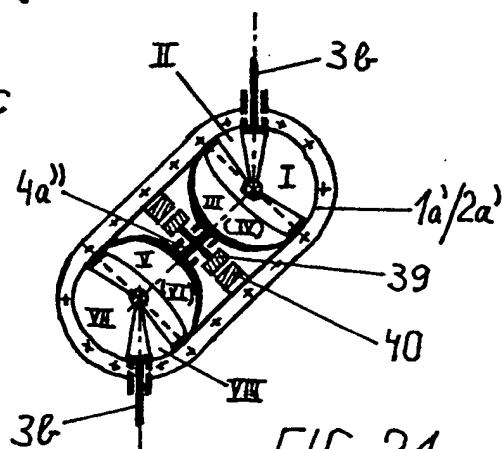


FIG. 21e

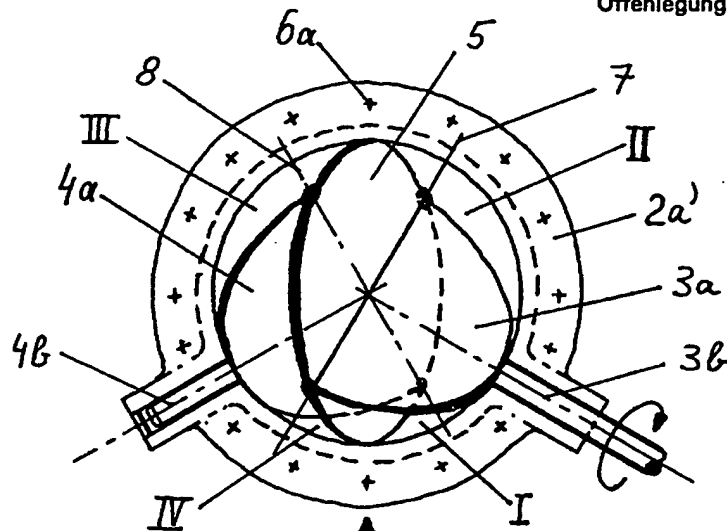


FIG. 22

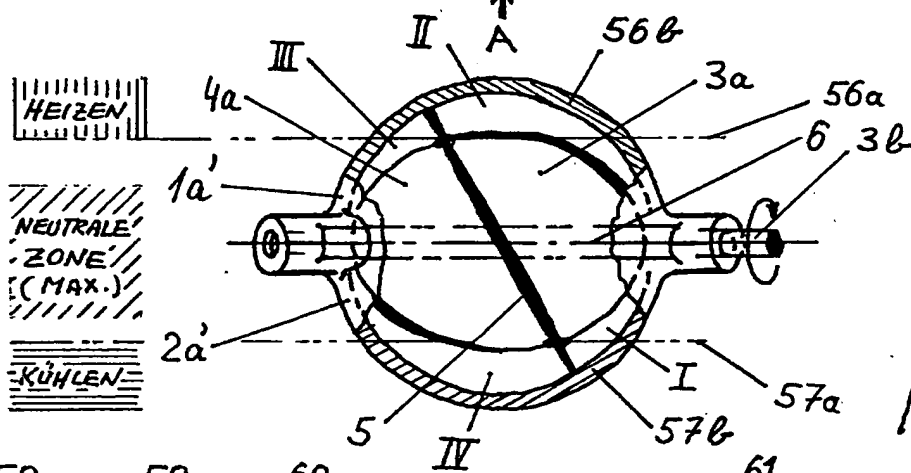


FIG. 22a

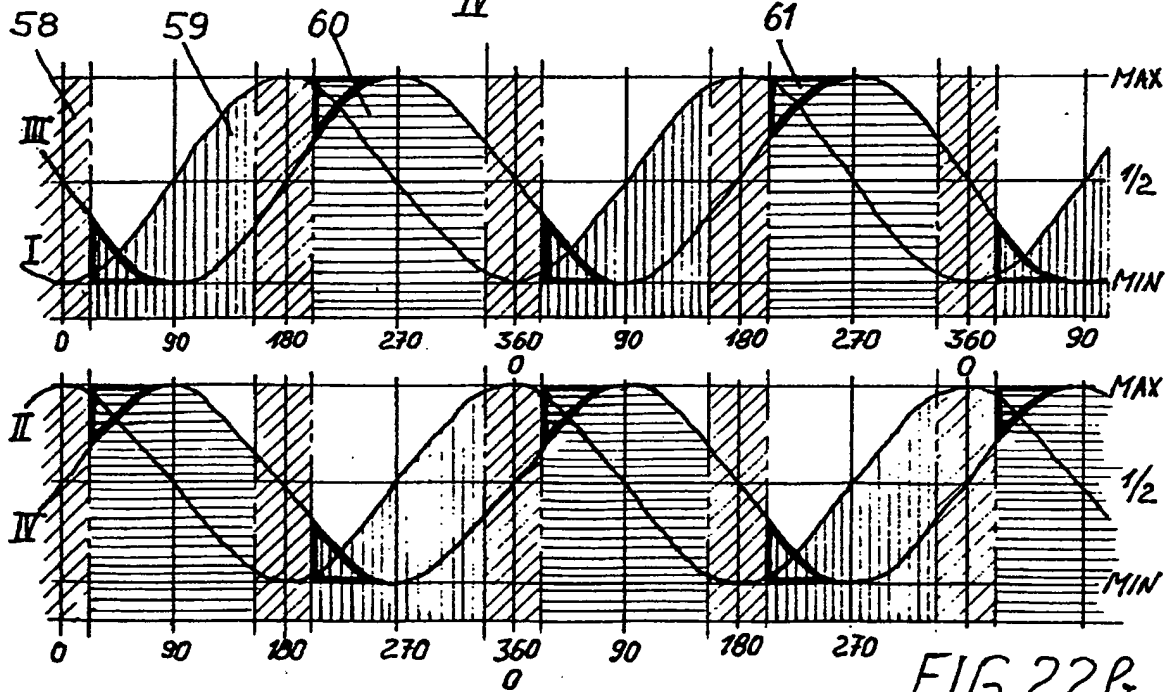
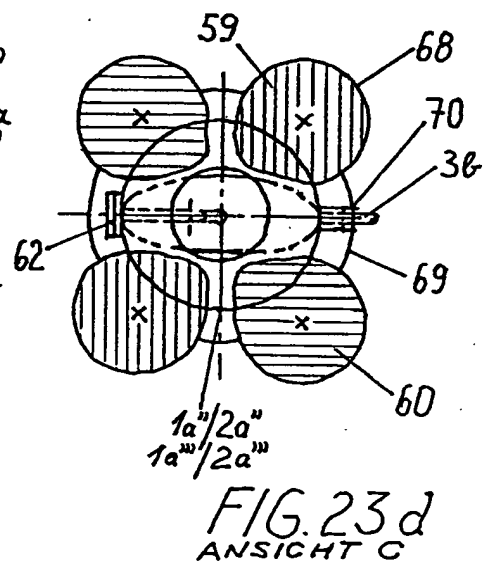
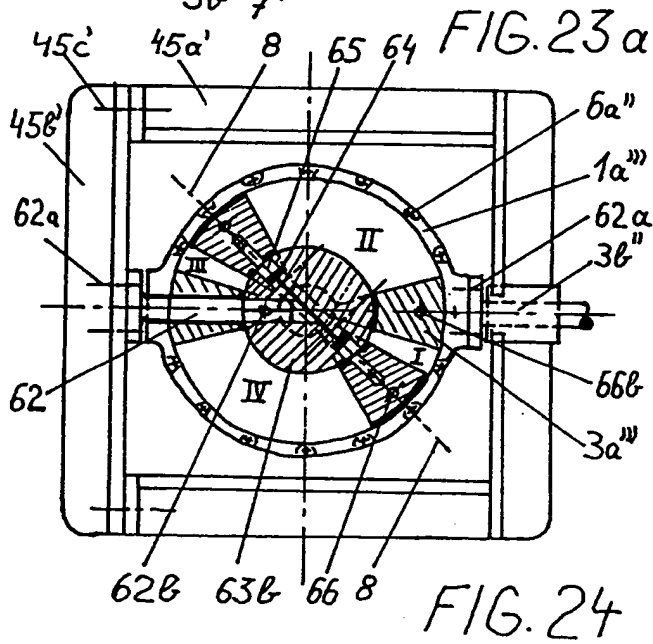
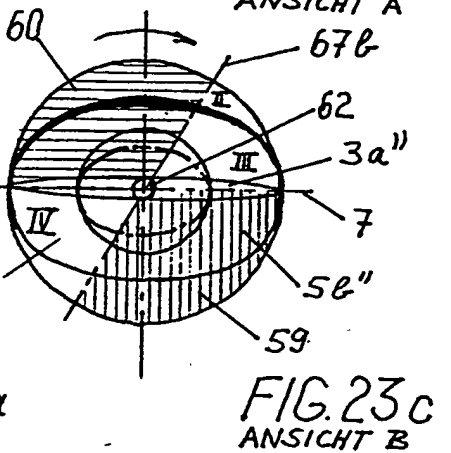
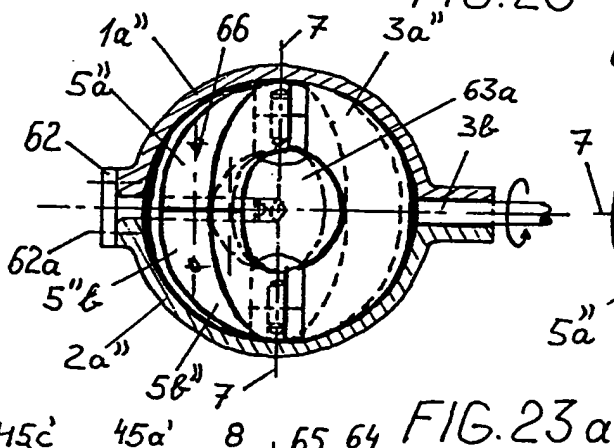
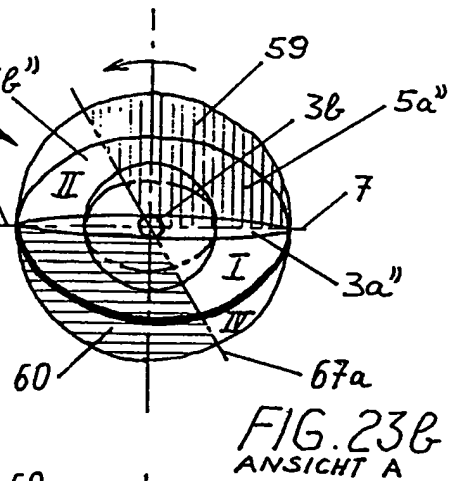
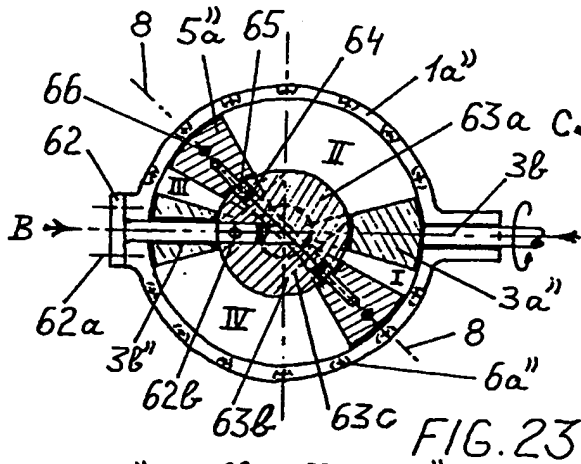
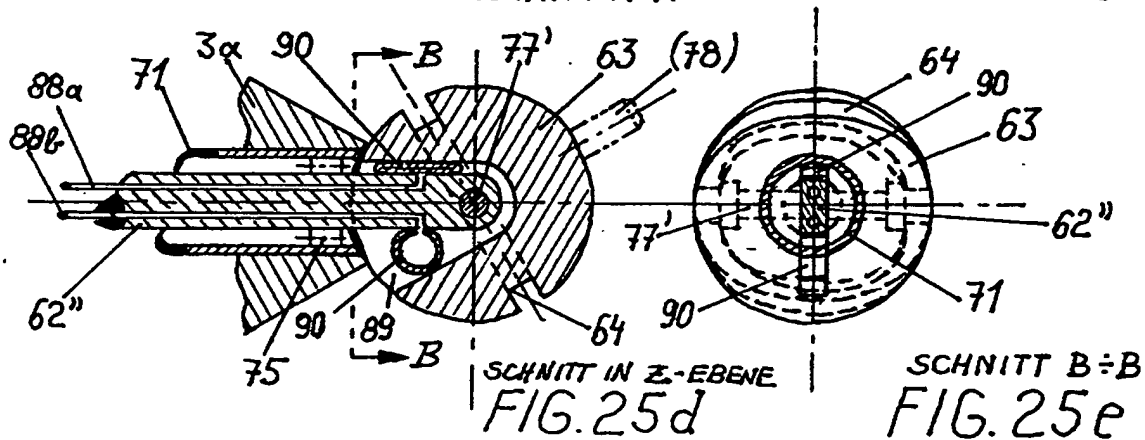
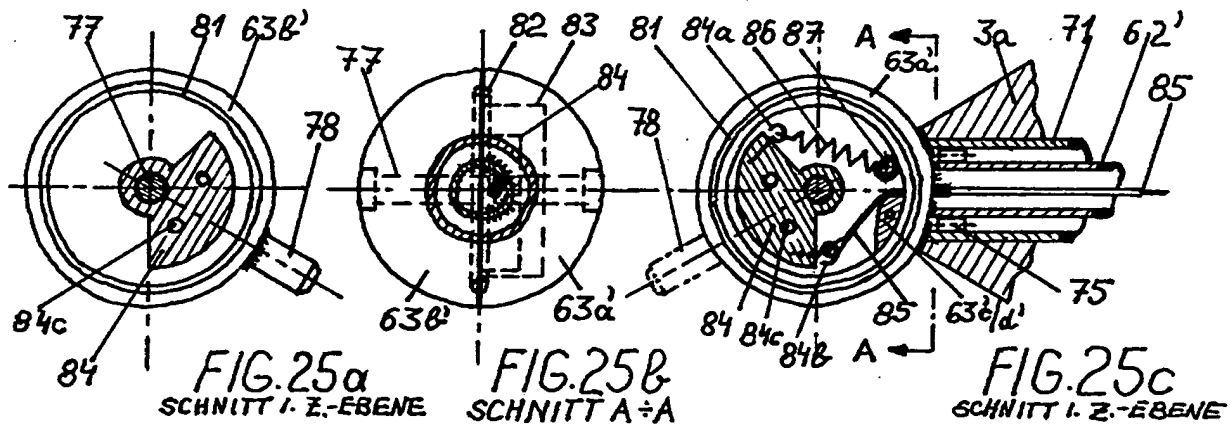
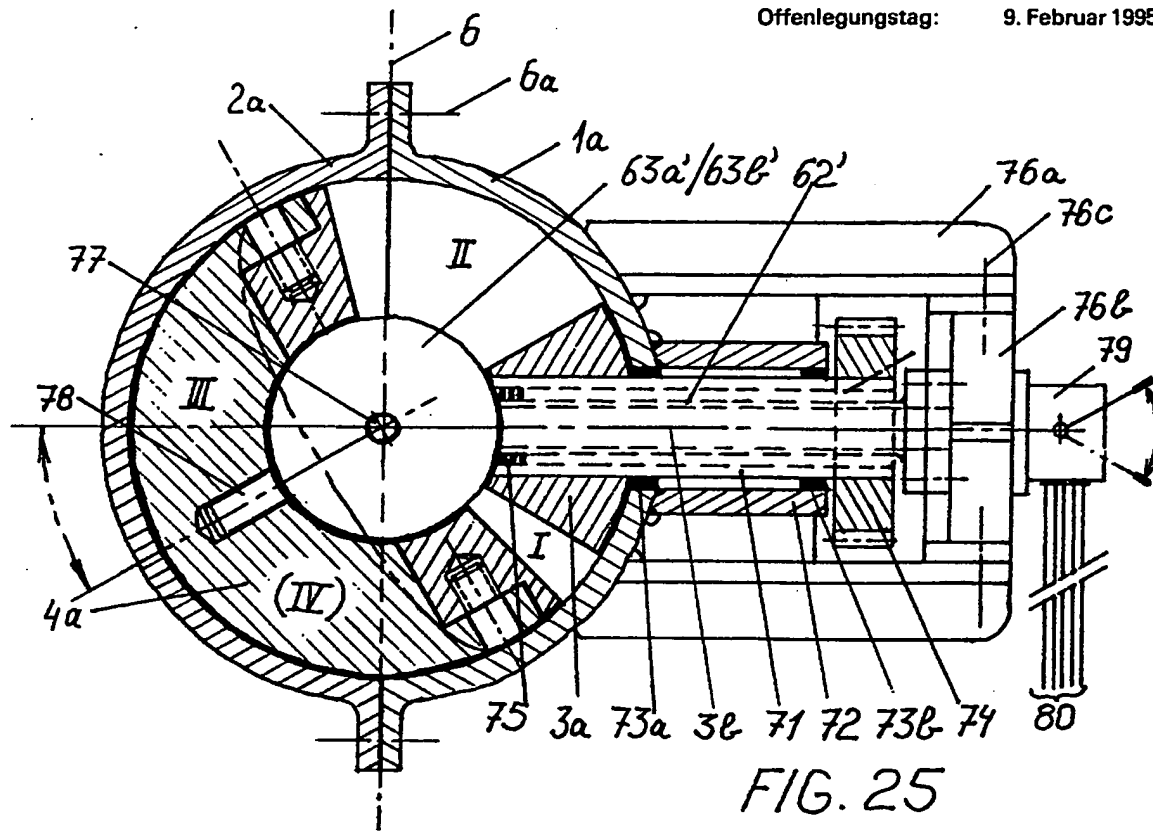


FIG. 22b





PUB-NO: DE004325166A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4325166 A1

TITLE: Cardan rotary engine

PUBN-DATE: February 9, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ECKHARDT, WOLFGANG DIPL ING	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ECKHARDT WOLFGANG DIPL ING	DE

APPL-NO: DE04325166

APPL-DATE: July 27, 1993

PRIORITY-DATA: DE04325166A (July 27, 1993)

INT-CL (IPC): F01C003/06

EUR-CL (EPC): F01C003/06

US-CL-CURRENT: **418/68**

ABSTRACT:

According to the invention the cardan rotary engine essentially comprises two spherical housing shells (1a) and (2a) of identical shape, in each of which, for example, a rotating piston (3a) and (4a) and a rotary piston (5) or even just one rotating piston (3a') and (5'), connected to one another by a cardan joint rotate, each of four separate working chambers according to Fig. 1 at each revolution first assuming the largest volume and then the smallest volume and these sequences being utilisable for various machine functions; at the same time the cardan rotary engine has the following characteristic

features: minimum number of components, minimum surface for maximum volume, the utilisable working volume equal to or greater than the structural volume, lowest possible weight for highest possible efficiency, suited by virtue of the design to multi-purpose use with the lowest possible manufacturing cost, multi-purpose combination also possible in only one unit, manufacturable from different materials and combinations thereof, many different possible applications in different conditions, interesting design variants and unit combinations for a large number of individual applications. <IMAGE>